

Tielaitos

→ kassie

Betonipäällysteen seuranta

Vt 4 Kempele - Kiviniemi

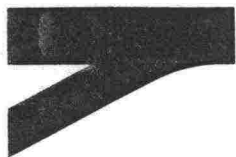
Seurantaraportti nro 1

**Tielaitoksen
selvityksiä**

16/1993

Oulu 1993

Geokeskus
Oulun kehitysyksikkö



Jakelussa mainitut

Tielaitoksen selvityksiä 16/1993

**Betonipäällysteen seuranta, vt Kempele-Kiviniemi
Seurantaraportti nro 1**

*QA & Co
TANG & Co
(Saa oltua ylim.)
14.4.1993 → E. Salonen*

Oulun kehitysyksikkö lähettää tiedoksenne Oulun tiepiirissä vuonna 1990 vt:lle 4, välillä Kempele-Kiviniemi valmistuneen betonipäällysteen ensimmäisen seurantaraportin.

Seurannan tarkoituksena on pitkällä aikavälillä selvittää pohjoisiin olosuhteisiin nykyaikaisin menetelmin toteutetun betonipäällysteen käyttäytyminen sekä taloudellisuus. Lyhyellä tähtäyksellä seurannasta saatavan tiedon avulla pyritään ennakoimaan ja suunnittelemaan tarvittavat korjaus- ja huoltotoimenpiteet rakenteiden asianmukaisiksi korjaustoimenpiteiksi ja päällysteen palvelutason säilyttämiseksi.

Raporttiin on koottu kahden ensimmäisen seurantavuoden aikana tehtyjen mittausten ja havaintojen tulokset. Normaalia poikkeavista havainnoista tai tuloksista on esitetty lyhyt analysointi tai arvio käyttäytymiseen johtaneista syistä. Varsinainen kuntoarvio tarkempine analyyseineen suoritetaan seurantaohjelman mukaan laadittavassa ensimmäisessä kuntoraportissa vuonna 1997.

Julkaisua on ostettavissa hallinnon palvelukeskuksen painotuotetarastosta.

Diplomi-insinööri
Oulun kehitysyksikkö

Heikki Suni
Heikki Suni

JAKELU

Tiepiirit

Ylijohtaja, Rasilainen, Hpk/palvelupiste 5, kirjasto 3, Gk 5, Tpk 3
VTT tie-, geo- ja liik.tekn.lab., VTT Oulun rakennuslaboratorio
Oy/tie- ja liik.tekn.laboratorio ja rak.tekn. osaston kirjasto
Partek, Rajaville, YIT, Oulun VIATEK
Oulun tiealue, Kempeleen tmp.
Projektiryhmä ja BETTIE-ryhmä + P Ala-Tuuhonen ja M Salo

Heikki Suni/HS	POSTIOSOITE	KÄYNTIOSOITE	LABORATORIO- NÄYTTEIDEN TOIMITUS	PUHELIN	TELEFAX
Geokeskus	PL 33 00521 HELSINKI	Opastinsilta 12 A 00520 HELSINKI	Kirjurinkatu 2-4 00520 HELSINKI	(90) 148 721	(90) 1487 2826
Geokeskus, Oulun kehitysyksikkö	PL 261 90101 OULU	Kansankatu 47 90101 OULU		(981) 310 9383	(981) 310 9282

Tielaitoksen selvityksiä
16/1993

Betonipäällysteen seuranta

Vt 4 Kempele - Kiviniemi

Seurantaraportti nro 1

Tielaitos
Geokeskus, Oulun kehitysyksikkö

Oulu 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-6988-0
TIEL 3200143
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

Julkaisua myy:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotevarasto
Telefax (90) 1487 2698

Tielaitos

Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

Geokeskus,
Oulun kehitysyksikkö
Kansankatu 47
PL 261
90101 OULU
Puh. (981) 310 9383

BETONIPÄÄLLYSTEEN SEURANTA, RAPORTOINTISUUNNITELMA

Betonipäällysteen seurantasuunnitelma 1989-2021

Betonipäällysteen seurantaohjelma 1989

Raportti suunnittelusta ja rakentamisesta 1991

Seurantaraportti n:o 1 1993

Seurantaraportti n:o 2 1995

Kuntoraportti n:o 1 1997

Seurantaraportti n:o 3 1999

Seurantaraportti n:o 4 2001

Kuntoraportti n:o 2 2003

Seurantaraportti n:o 5 2005

Seurantaraportti n:o 6 2007

Kuntoraportti n:o 3 2009

Seurantaraportti n:o 7 2011

Seurantaraportti n:o 8 2013

Kuntoraportti n:o 4 2015

Seurantaraportti n:o 9 2017

Seurantaraportti n:o 10 2019

Kuntoraportti n:o 5 2021

ALKUSANAT

Vuonna 1990 rakennettiin Vt:lle 4 välillä Kempele - Kiviniemi noin 4 km pitkä betonipäällyste. Päällysteen pitkän aikavälin seurantaa varten laadittiin seurantasuunnitelma, jonka tavoitteena on saada käsitys nykyaikaisen betonipäällysteen rakentamistekniikan osaamisesta ja päällysteen kestämisestä pohjoisissa olosuhteissa. Erityisesti seurannan avulla pyritään

- * toteamaan mahdolliset vauriot, niiden syyt ja eteneminen
- * mahdollistamaan korjaus- ja kunnostustoimenpiteiden oikea-aikainen suorittaminen ja tien palvelutason säilyminen
- * keräämään tietoja ja kokemuksia betonipäällysteen kunnossapitotoimenpiteistä ja -kustannuksista
- * keräämään tutkimus- ja kehitystyötä varten tietoja betonipäällysteen palvelutasosta ja kestävydestä syvän roudan olosuhteissa.

Seurannalle suunniteltiin päällysteen käyttöiän kattava aikajänne, jotta riittävällä varmuudella voitaisiin todeta betonipäällysteen pitkäaikaiskäyttäytyminen, palvelutason säilyminen ja taloudellisuus sekä tienpitäjän että tienkäyttäjän kannalta.

Joka toinen vuosi tapahtuvalla raportoinnilla pyritään välittämään betonipäällysteiden tutkimisesta, suunnittelusta, tuotannosta, käytöstä ja ylläpidosta kiinnostuneille ajantasaista, suunnitelmallisesti tuotettua tietoa tulevien ratkaisuiden perustaksi.

Oulussa helmikuussa 1993

Geokeskus,
Oulun kehitysyksikkö

Asiasanat betonitie, betonipäällyste, betonipäällysteen seuranta

TIIVISTELMÄ

Betonipäällysteen suunnittelun lähtökohta oli mitoittaa betonipäällyste ja sen alapuoliset rakenteet kestämaan sekä ankaran talven, että vilkkaan liikenteen aiheuttamat rasitukset ja kuluminen. Työn toteutuksessa v. 1990 saavutettiin päällysteen laadun ja tasaisuuden suhteen työlle asetetut tavoitteet.

Kahden ensimmäisen käyttövuoden seuranta osoittaa tierakenteiden pienoista painumista kahdessa silttipehmeikkökohdassa noin 500 m:n matkalla. Painuma on ollut tien poikkileikkaukseen nähden tasaista, enimmillään 11 cm, eikä se ole aiheuttanut vaurioita päällysrakenteeseen tai päällysteeseen.

Betonipäällysteen käyttäytyminen ja ominaisuudet ovat kehittyneet ennakoitun mukaisesti. Alkukuluminen on ollut normaalia, alkupään noin 300 m:n osuutta lukuunottamatta. Siellä tien toisella kaistalla on todettu muuta tieosaa voimakkaampaa kulumista. Kulumisen on arvioitu johtuneen työn-aikaisten levitysteknisten ongelmien aiheuttamasta kiviaineksen lajittumasta.

Betonin lujuuden kehitys on jatkunut normaalina.

Betonipäällysteeseen syntyi alkukuivumisen aikana paljon halkeamia, jotka korjattiin injektoimalla. Injektoiduissa kohdissa ei ole ilmennyt poikkeavaa käyttäytymistä eikä päällysteen alkukuluminen ole paljastanut uusia halkeamia.

Päällysteen saumauksen urakoitsija joutui ensimmäisen talvikauden jälkeen uusimaan. Saumamassan irtoilu ei näytä aiheuttaneen saumarakenteille vaurioita.

Liukkaudentorjuntatoimenpiteet betoni- ja Ab-päällysteosuuksilla ovat olleet samat. Betonipäällysteen erilaisen lämpökäyttäytymisen vuoksi toimenpiteiden ajoitus on erilainen.

Onnettomuustilaston mukaan onnettomuusaste betonipäällysteellä on ollut selvästi vertailukohteena ollutta Ab-päällysteosuutta alhaisempi.

Sisältö

1	JOHDANTO	11
2	SEURANTAOHJELMA	12
	2.1 Mittausohjelman sisältö	12
	2.2 Mittausten suorittajat	13
	2.3 Muut selvitykset	13
	2.4 Mittauskalusto ja mittausohjelman toteutuminen	14
3	SEURANTATULOKSET	17
	3.1 Mittaustulokset	17
	3.1.1 Tasaisuusmittaukset	17
	3.1.2 Uramittaukset	19
	3.1.3 Kitkaominaisuudet	22
	3.1.4 Valon paluuheijastuvuus	24
	3.1.5 Melumittaukset	24
	3.1.6 Betonilaattojen liikkeet	25
	3.1.7 Betonin laadun seuranta	26
	3.1.8 Routahavaintoihin liittyvät mittaukset	32
	3.1.9 Vaaitukset	34
	3.2 Päällysteen kunnan seuranta	37
	3.2.1 Kunto-/vaurioinventointi	37
	3.2.2 Saumojen tarkastus	38
	3.2.3 Betonitien kuntorekisteri ja kuntorekisterin päivitys	39
	3.3 Keli, kunnossapito ja liikenne	40
	3.3.1 Sää- ja kelihavainnot	40
	3.3.2 Kunnossapitotoimenpiteet	41
	3.3.3 Liikenteen laatu ja määrä	41
	3.3.4 Liikenneturvallisuus	42
4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	44
5	LIITTEET	45

1 JOHDANTO

Betonitie välillä Kempele-Kiviniemi avattiin liikenteelle syyskuussa 1990. Vuonna 1989 valmistuneessa Betonitien seurantaohjelmassa on päätetty betonitietä koskevasta laajasta tutkimusohjelmasta. Seurantaohjelman tarkoituksena on osoittaa tarpeelliset mittaus- ja havaintotekijät, antaa ohjeet mittausten ja havaintojen suorittamisesta, sekä laatia koko päällysteen oletetun kestoiän kattava seuranta-aikataulu. Seurantamittaustulokset kootaan joka toinen vuosi laadittavaan seurantaraporttiin.

Suunnittelun ja rakentamisen vaiheet on selostettu Oulun tuotantoteknisessä kehitysyksikössä valmistuneessa Tiehallituksen sisäisessä julkaisussa 23/1991: Betonipäällysteen seuranta Vt4 Kempele-Kiviniemi, Raportti suunnittelusta ja rakentamisesta. Raportin ovat laatineet DI Esko Perälä ja ins. Heimo Tervola Oulun tiepiiristä.

Betonitien seuranta kestää koko päällysteen mitoitusiän eli 30 vuotta. Kahden vuoden välein laadittavat seurantaraportit tehdään jotta tutkimustulokset lyhyemmiltä aikaväleiltä saataisiin kootusti käyttöön. Tähän ensimmäiseen seurantaraporttiin on koottu betonitien valmistumisvaiheessa tehtyjen toteutuneen lähtötilanteen dokumentointimittausten ja elokuun 1992 loppuun mennessä tehtyjen seurantamittausten tulokset. Tarkemmat analysoinnit ja johtopäätökset tehdään vuonna 1997 koottavassa ensimmäisessä kuntoraportissa.

Tielaitoksen Oulun kehitysyksikössä betonitien seuranta johtaa DI Heikki Suni. Tämän seurantaraportin on Oulun kehitysyksikön toimeksiannosta laatinut DI Markku Salo Oulun Viatek Oy:ssä.

2 SEURANTAOHJELMA

2.1 Mittausohjelman sisältö

Betonipäällysteen seuranta on tehty Tielaitoksen Oulun kehitysyksikössä joulukuussa 1989 valmistuneen Betonipäällysteen seurantaohjelman mukaisesti. Seurantaohjelma on vuosien 1990-1992 osalta erittäin laaja ja kattava.

Betonitien valmistumisvaiheessa syksyllä 1990 ja talvella 1991 tehtiin lähtötilanteen dokumentointia ja alkuvaiheen seuranta varten kaikki ohjelman mukaiset tutkimukset. Ensimmäisen talvikauden tulosten perusteella mittausohjelmaa kevennettiin. Vuosia 1990-1992 koskeva alkuperäinen Betonitien seurantaohjelma on esitetty kuvassa 1. Kuvassa on tummennettu toteutuneet mittaukset.

Viite n:o	Vuosi Kuukausi	1990	1991					1992				
		9	2	4	8	11		2	4	8	12	
1	Raportti suunnittelusta ja rakentamisesta		x									
2	Tasaisuus	x		x	x				x	x		
3	Urautuminen	x			x					x		
4	Kitkaominaisuudet	x	x		x			x		x		
5	Paluuheijastuvuus	x								x		
6	Melu	x							x			
7	Betonilaattojen liikkeet		x		x							
8	Taipumamittaus									x		
9	Betonin laatu	x			x					x		
10	Routahavainnot		←→				x		x			
11	Vaaitukset	x		x	x				x	x		
12	Inventoinnit	x		x					x			
13	Saumojen tarkastus			x					x			
14	Kuntorekisterin päivitys	x		x					x			
15	Liikenneturvallisuus		←→									
16	Sää ja liikenne		←→									
17	Seurantaraportti											x
x		Suunniteltu ohjelma										
		Toteutunut tilanne										

Kuva 1. Betonitien seurantaohjelma vuosille 1990-1992

2.2 Mittausten suorittajat

Oulun kehitysyksikkö on seurannan toteuttamisessa käyttänyt seuraavien eri laitosten palveluja:

Tielaitos, Oulun tiepiiri

Tasaisuusmittaukset
Liikenneturvallisuustiedot
Sää- ja kelihavainnot
Kunnossapitotoimenpiteet

VTT Oulun rakennuslaboratorio ja
rakennusainelaboratorio

Betonin laadun kehittyminen

VTT Tie-, geo- ja
liikennetekniikan laboratorio

Uramittaukset
Kitkamittaukset
Valon paluuheijastuvuusmittaukset
Melumittaukset

Oulun Viatek Oy

Routahavaintoihin liittyvät mittaukset
Betonilaattojen liikkeiden mittaukset
Vaaitukset
Kunto- ja vaurioinventoinnit
Kuntorekisterin päivitys
Seurantaraportti

2.3 Muut selvitykset

Tiepiirin rakennuttajaorganisaatio on tehnyt betonipäällysteen takuuajan seurantaan liittyviä selvityksiä mm. halkeilun ja saumaustyön osalta.

Betonipäällysteen rakentamisesta on Oulun teknillisessä oppilaitoksessa Tero Kouva tehnyt insinööriyön vuonna 1991. Insinööriyön aiheena oli betonipäällysteen laatuun vaikuttaneiden ulkoisten ja sisäisten tekijöiden merkityksen arviointi työmaan laaduntarkkailun, ulkoisten olosuhteiden ja todetun vaurio- ja tasaisuusinventoinnin perusteella. Insinööriyö sisältää teknisiä tietoja suunnittelu- ja rakentamisvaiheista.

2.4 Mittauskalusto ja mittausohjelman toteutuminen

Tasaisuuden mittaus

Betonitien tasaisuus mitattiin tien valmistumisvaiheessa kaksi kertaa. Elokuussa 1990 mittaus tehtiin VTT:n PTM palvelutasomittarilla ja syyskuussa 1990 Oulun tiepiirin PTM palvelutasomittarilla Laser-tasaisuusmittauksena. Jatkotutkimuksissa on käytetty pelkästään tiepiirin omaa mittausautoa.

Seurantaohjelman mukaiset tasaisuusmittaukset on tehty 12.9.1990, 22.4.1991, 7.5.1992 ja 6.10.1992. Kesämittausta ei tehty vuonna 1991.

Uramittaukset

Päällysteen kulumista seurataan profilometrimittauksin. Ns. 0-mittaus tehtiin betonipäällysteen valmistuttua 15.8.1990. Varsinainen uramittaus tehtiin 1.7.1992. Vuonna 1991 uramittausta ei tehty.

Kitkaominaisuudet

Betonipäällysteen kitkaa on mitattu kitkamittausautolla. Kitkamittaukset on tehty 20.8.1990, 19.3.1991 ja 27.8.1991. Vuodelle 1992 seurantaohjelmaan sisältyviä kitkamittauksia ei tehty.

Valon paluuheijastuvuus

Valon paluuheijastuvuutta on mitattu LTL-800 Retrometer paluuheijastuvuusmittarilla. Mittaukset tehtiin 20.8.1990. Vuodelle 1992 seurantaohjelmaan sisältyvää paluuheijastuvuuden mittausta ei tehty.

Melumittaukset

Melumittaukset tehtiin ISO-standardia soveltaen. Mittaukset tehtiin 20.8.1990. Vuodelle 1992 seurantaohjelmaan sisältyvää melumittausta ei tehty.

Betonilaattojen liikkeet

Betonilaattojen liikkeistä tutkittiin käyristymistä ja lämpölaajenemista/-kutistumista. Tutkimukset tehtiin lämpötilamittauksin, tarkkavaaituksin ja työntömittaustulkkauksin. Mittaukset tehtiin 2.4.1991, 3.4.1991 ja 18.4.1991. Vuoden 1991 kesälle ja vuodelle 1992 seurantaohjelmaan sisältyviä mittauksia ei tehty.

Talpumamittaukset

Tukikerroksena käytettävän maabetonin mahdollinen eroosio ja murtuminen johtaa betonilaattojen keinumiseen. Betonilaattojen keinumista tai siihen liittyviä vaurioita ei vuoteen 1992 mennessä ole havaittu, joten seurantaohjelmaan sisältyviä talpumamittauksia ei ole tehty.

Betonin laadun seuranta

Betonipäällysteen laadun kehittymistä on seurattu päällysteestä otettujen näytteiden laboratoriotutkimuksilla. Näytteet on otettu 26.9.1990, 24.9.1991 ja 9.9.1992. Näytteistä on määritetty taivutusvetolujuus ja puristuslujuus, pakas-suolakestävyys ja tehty mikroskooppianalyysi.

Routahavaintoihin liittyvät mittaukset

Routahavaintoihin liittyviä mittauksia on tehty kolmessa instrumentoidussa tiepoikkileikkauksessa betonipäällysteosuudella. Vertailupoikkileikkaus on asfalttiosuudella välittömästi betonitien eteläpuolella. Talvella 1990-1991 mittaukset tehtiin alkuperäisen ohjelman mukaisesti. Talvella 1991-1992 mittaukset tehtiin vain kerran maaliskuussa.

Vaaitukset

Vaaitukset on tehty elektronisella takymetrikalustolla. Tien pinnan ns. 0-vaaitus tehtiin elokuussa 1990. Seuraavat vaaitukset on tehty huhtikuussa 1991, syyskuussa 1991 ja maaliskuussa 1992. Kesävaaitusta ei tehty vuonna 1992.

Kunto-/vaurioinventointi

Heti betonipäällysteen rakentamisen jälkeen päällysteeseen syntyi paikoitellen halkeamia. Halkeamien syntymisen takia ensimmäinen vaurioinventointi tehtiin tien rakennusaikana. Tämän vaurioinventoinnin tekivät Oulun tiepiirin rakennuttajaorganisaatio ja Oulun Viatek Oy yhdessä. Seurantaohjelman mukaiset vaurioinventoinnit keväällä 1991 ja 1992 on tehnyt Oulun Viatek Oy. Inventoinneissa on kartoitettu poikkeamat verrattuna virheettömään päällysteeseen.

Saumojen tarkastus

Betonilaattojen välisten saumojen tarkastus on tehty vaurioinventointien yhteydessä vuonna 1991 ja 1992.

Kuntorekisterin päivitys

Vaurioinventointien ja saumojen tarkastusten tulokset on talletettu tarkoitusta varten kehitettyyn mikrotietokoneessa toimivaan Betonitien kuntorekisteriin. Kuntorekisterin päivitys on tehty kunkin inventointikierroksen jälkeen.

Kunnossapitotoimenpiteet

Betonitiellä normaalista kunnossapitoon liittyvästä puhtaanapidosta ja liukaudentorjunnasta on huolehtinut Kempeleen tiemestaripiiri. Betonipäällysteen vaurioiden korjaamisesta ja korjauttamisesta on takuuajan puitteissa 19.11.1992 saakka huolehtinut rakennuttaja. Saumaustyön osalta takuu ulottuu vuoteen 1993.

Liikenneturvallisuus

Oulun tiepiiri saa automaattisesti tiedot poliisin tietoon tulleista liikenneonnettomuuksista. Onnettomuustiedot rekisteröidään tieosittain.

Sää- ja kelihavainnot

Oulun tiepiirillä on tiesääpalveluasema betonitien kohdalla Ouluntullissa. Tiesääpalveluasema kerää sää- ja keli tiedot mm. betonipäällysteeseen asennetun anturin avulla. Rekisteröityjä kelitietoja on käyttökelpoisessa muodossa saatavissa vuoden 1992 alusta lähtien.

Liikennehavainnot

Betonitien eteläpäässä on vaakalaite. Vaa'an toiminnassa on ollut katkoksia ja tuloksissa epätarkkuutta. Vaakalaite tullaan todennäköisesti poistamaan.

Liikennemäärät rekisteröidään tierakenteeseen asennettujen induktiosilmukoiden avulla.

3 SEURANTATULOKSET

3.1 Mittaustulokset

3.1.1 Tasaisuusmittaukset

Päällysteen tasaisuus on mitattu PTM palvelutasomittausautolla Laser-tasaisuusmittauksena. Laite mittaa tien pituusprofiiliin, josta voidaan laskea erilaisia tien kuntoa ilmaisevia pituussuuntaisen tasaisuuden tunnuslukuja. Ajomukavuusepätasaisuuden tunnuslukuna käytetään kansainvälistä IRI-arvoa, International Roughness Index. IRI-mittauksen tulos on se liike, joka ajoneuvossa tapahtuu korin ja akselin välillä ajettaessa epätasaisella tiellä. IRI-arvo kuvaa autoilijan ajomukavuutta. IRI on sovitettu vastaamaan nykyisten henkilöautojen ominaisuuksia ja laskennallinen ajonopeus on 80 km/h. IRI-arvon yksikkönä käytetään mm/m tai m/km. IRI-lukuarvo 1 mm/m merkitsee sitä, että 100 m:n tulostusmatkalla auton rungon ja akselin välisten liikkeiden summa on $100\text{m} \cdot 1\text{mm/m} = 100\text{ mm}$.

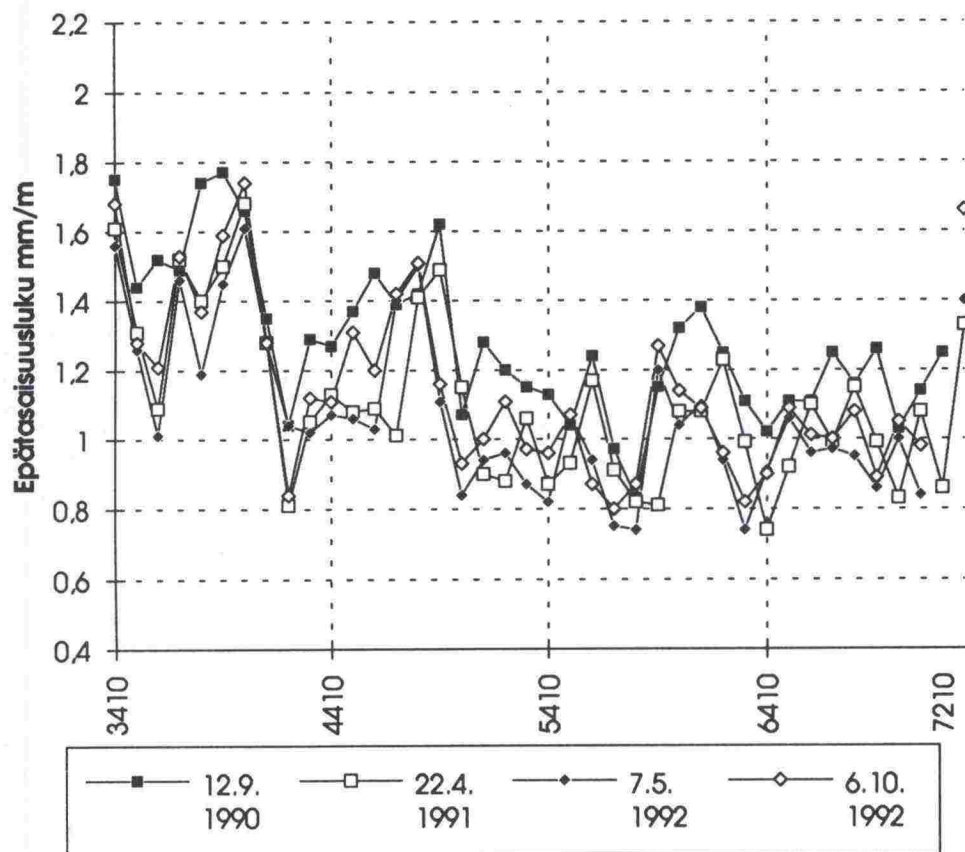
Uusien päällysteiden laadunarvostelussa käytetään IRI4-arvoa. IRI4-arvossa tien pituussuuntaisesta profiilista on suodatettu pois yli 4 m aallonpituudet. Päällysteurakassa IRI4-tasaisuusvaatimukseksi oli asetettu 1,4 mm/m, joka keskimäärin saavutettiin.

Betonipäällysteen tasaisuus on kehittynyt odotetusti. Tien valmistumisvaiheessa ollut epätasaisuus on pienentynyt sementtiliiman pintakulumisen seurauksena. Paikallisia huippuarvoja lukuunottamatta keskimääräinen epätasaisuusluku on tällä hetkellä molemmilla kaistoilla 0,8-1,3 mm/m.

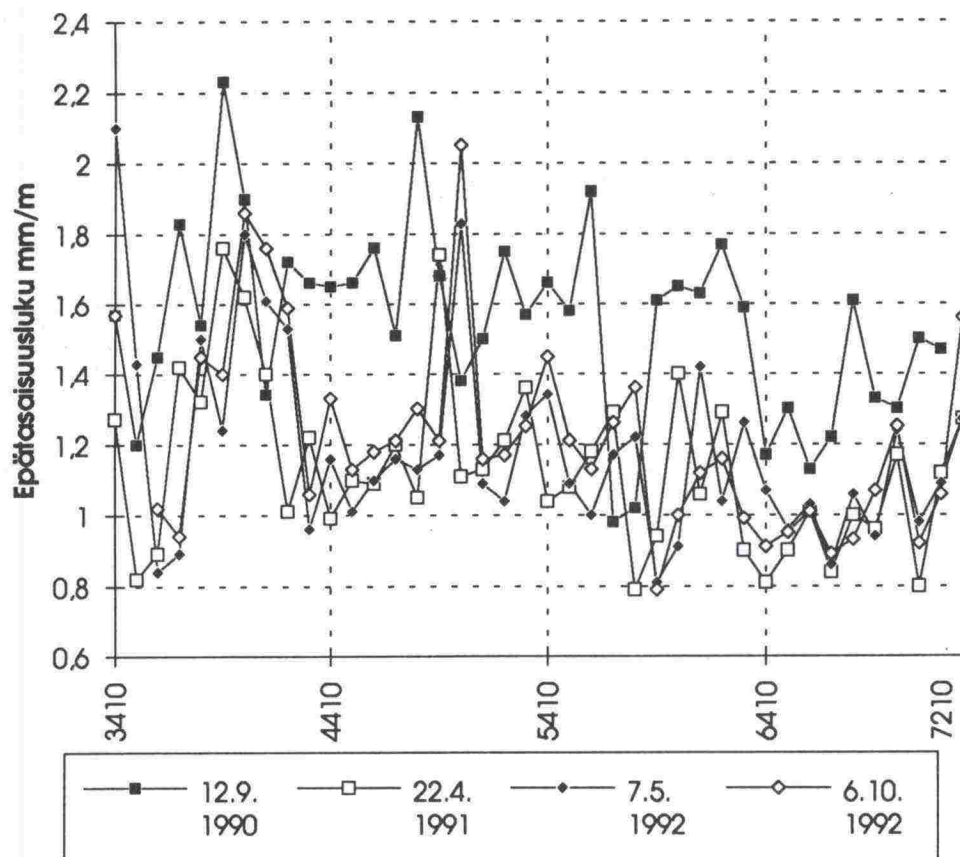
Tasaisuusmittausten IRI4-keskiarvojen kehittyminen ajokaistoittain on esitetty taulukossa 1. Vuosina 1990-1992 tehtyjen betonitien tasaisuusmittausten IRI4-arvojen yksityiskohtaiset tulokset on esitetty kuvissa 2 ja 3.

Taulukko 1. *Betonitien tasaisuusmittaustulosten keskiarvot ajokaistoittain*

	Vasen kaista		Oikea kaista	
	IRI4 mm/m keskiarvo	vaihteluväli	IRI4 mm/m keskiarvo	vaihteluväli
12.9.1990	1,55	0,98...2,23	1,28	0,83...1,77
22.4.1991	1,14	0,79...1,76	1,11	0,74...1,68
7.5.1992	1,19	0,81...2,10	1,08	0,74...1,61
6.10.1992	1,22	0,79...2,05	1,15	0,80...1,74



Kuva 2. Betonitien tasaisuusmittaukset 1990-1992, oikea kaista



Kuva 3. Betonitien tasaisuusmittaukset 1990-1992, vasen kaista

3.1.2 Uramittaukset

Tien päällysteen kulumista seurataan mittaamalla tien pinnan poikkisuuntaisen profiilin kehittymistä. Mitatut poikkileikkaukset ovat noin sadan metrin välein. Mittauskohdat on merkitty päällysteeseen Hilti-nauloilla, joten mittaus voidaan joka kerta kohdistaa tarkalleen samalle paikalle. Mittaukset on tehty koko betonipäällysteen osuudella. Vertailumittaukset on tehty asfalttipäällysteisillä osuuksilla betonitien kummassakin päässä. Betonitien pohjoispäässä asfalttipäällysteinen vertailuosuus on uudelleenpäällystetty vuonna 1991, joten tältä osuudelta mittaustuloksia ei vielä ole käytettävissä.

Tien poikkiprofiilin mittaukset tehdään paksuusprofilometrilla. Laitteeseen kuuluu päätytuet, mittavaunu, palkki, tiedonkeruulaite, piirturi ja virranmuunnin. Mittauksen aikana mittavaunussa oleva mittapää liikkuu tien pinnalla päätytukien varassa olevaa palkkia pitkin. Mittapää kerää tietoja tien pinnan korkeusasemasta mittauspalkkiin nähdessä. Tieto siirretään sähköisesti tiedonkeruulaitteeseen ja piirturilla piirretään mitattu tien pinnan profiili. Profilometrilla saadaan tiepoikkileikkauksesta jatkuva profiili. Profilometrilla voidaan mitata 4 m leveä kaista kerrallaan. Verrattaessa eri ajankohtina tehtyjen mittausten tuloksia saadaan uran muodon ja uran poikkipinta-alan muutoksen kehittyminen selville.

Betonitien ja vertailuosuuden asfalttipäällysteen profiilimittaustulokset on esitetty taulukossa 2.

Mittaustulosten perusteella betonipäällyste on oikean kaistan kohdalla paaluvälillä 3400-3700 kulunut keskimääräistä enemmän. Tällä paaluvälillä poikkipinta-alan muutos on 102-116 cm² ja keskimääräinen maksimi urasyvyys 7,5 mm. Koko betonipäällysteen osuudella poikkipinta-alan muutos on keskimäärin 64,2-65,8 cm² ja keskimääräinen maksimi urasyvyys 2,9-4,3 mm. Vertailukohteena käytetyllä asfalttiosuudella keskimääräinen poikkipinta-alan muutos on 176,8-235,6 cm² ja keskimääräinen maksimi urasyvyys 5,8-10,0 mm.

Taulukko 2. Profiilimittaustulokset 15.8.1990/1.7.1992

Paalu	Laatta n:o	Vasen kalsta			Oikea kalsta			Huom!
		Maximi uran syvyys mm		Poikkipinta- alan muutos cm2	Maximi uran syvyys mm		Poikkipinta- alan muutos cm2	
		Reunaura	Keskiura		Reunaura	Keskiura		
3320		8	11	158	9	8	218	Asfaltti
3338		6	12	150	10	9	202	Asfaltti
3356		5	9	166	8	8	246	Asfaltti
3374		5	7	206	12	9	212	Asfaltti
3392		5	10	204	11	11	300	Asfaltti
	keskiarvo	5,8	9,8	176,8	10	9,3	235,6	
	keskihajonta	1,3	1,9	26,4	1,6	1,3	39,5	
3410	1/2	1	3	82	8	8	116	
3520	43/44	1	3	58	6	9	108	
3620	83/84	1	5	70	6	8	102	
3720	123/124	5	4	82	2	5	84	
3820	163/164	2	3	58	4	5	82	
3920	203/204	4	3	70	3	5	82	
4020	245/246	4	3	68	4	6	86	
4120	285/286	3	3	64	4	10	102	
4220	325/326	3	3	50	2	4	78	
4320	365/366	2	3	60	4	3	54	
4420	405/406	3	2	56	5	4	68	
4520	445/446	1	2	56	1	2	50	
4620	485/486	1	3	50	4	3	56	
4720	525/526	4	3	84	2	3	54	
4820	565/566	4	4	52	2	3	60	
4920	605/606	2	4	70	4	3	64	
5025	649/650	2	5	64	3	5	56	
5115	685/686	3	4	72	2	3	40	
5220	727/728	3	4	74	1	2	56	
5320	767/768	3	4	46	2	3	62	
5420	807/808	3	7	74	3	4	44	
5520	847/848	6	4	80	3	4	54	
5615	885/886	6	7	80	3	3	50	
5715	925/926	5	7	78	5	4	58	
5815	965/966	2	4	68	2	3	64	
5915	1005/1006	4	4	56	3	4	46	
6015	1045/1046	5	4	50	3	4	44	
6115	1085/1086	2	2	43	2	3	46	
6215	1125/1126	1	4	70	3	4	54	
6315	1165/1166	2	5	66	3	2	50	
6415	1205/1206	2	3	52	4	4	64	
6515	1245/1246	2	4	66	2	4	58	
6615	1285/1286	3	4	92	4	5	54	
6715	1325/1326	2	5	60	5	5	56	
6815	1365/1366	3	4	62	3	5	72	
6910	1403/1404	2	4	54	3	3	56	
7010	1443/1444	4	2	72	2	3	52	
7110	1483/1484	4	4	64	4	4	60	
7210	1523/1524	4	7	78	2	5	64	
7310	1563/1564	2	3	82	4	6	62	
	keskiarvo	2,9	3,9	65,8	3,3	4,3	64,2	
	keskihajonta	1,4	1,3	11,9	1,4	1,8	18,3	

Betonipäälysteen alkuosuuden oikean kaistan keskimääräistä suurempaan kulumiseen johtaneista syistä keskusteltiin 22.10.1992 pidetyssä neuvottelussa, johon osallistui ko. hankeorganisaatioon kuuluvia, seurannassa mukana olleita sekä BETTIE-ryhmän asiantuntijoita. Neuvottelun johtopäätöksissä todettiin:

Betonitien alkuosuudella oikean kaistan keskimääräistä suurempi urautuminen on seurausta kiviaineksen lajittumisesta ja siitä johtuvasta huonosta kulutuskestävyydestä.

- * Levitystyön aikana painava karkein kiviaines on painunut runsaan vibrauksen takia päälystekerroksen alaosaan. Yläpinnassa on vähäisessä määrin karkeaa ainesta ja runsaasti sementtiliimaa. Pintakerroksella ei ole vaadittavaa kulutuskestävyyttä koska massa on epätasalaatuista.
- * Vesi/sementti-suhdetta ja kuona/sementti-suhdetta muutettiin usein työn alkuvaiheessa.
- * Kosteuden vaikutuksesta urautuminen on tällä osuudella ollut nopeampaa ja keskimääräistä suurempaa kuin muualla.

Päälystystyö aloitettiin nimenomaan nyt urautuneesta kohdasta.

- * Alkuhankaluutena oli mm. betoniaseman sisäänajo. Täyspaksun päälystebetonin koeveto jäi tekemättä. Levitin toimi hyvin 12 cm paksulla maabetonimassalla, mutta 22 cm paksulla päälystebetonilla levitystyö oli aluksi ongelmallista.

Jälkihoito oli huonompi työn alkuvaiheessa kuin myöhemmin.

- * Jälkihoidon työmenetelmä kehittyi työn aikana. Aluksi käytettiin pelkkää jälkihoitoainetta, myöhemmin lisäksi muovi- ja jutekan-gassuojausta. Vallinnut säätila oli kuiva ja tuulinen työn alkuvaiheessa. Loppuvaiheessa sade auttoi jälkihoidon onnistumista. Massan ja ilman lämpötila oli alhainen työn alkaessa. Sitoutuminen alkoi hitaasti.

3.1.3 Kitkaominaisuudet

Päällysteen kitkaominaisuuksia on mitattu kitkamittausautolla. Mittauksia on tehty koko betonipäällysteen osuudella. Vertailumittaukset on tehty välittömästi betonitien etelä- ja pohjoispuolella asfalttiosuuksilla.

Mittausmenetelmä on standardin TIE 476 mukainen. Käytettävän kitkamittausauton ominaisuudet ja olosuhteet ovat seuraavat:

- mittausauton nopeus 60 km/h
- tien pinnan kastelu 1 mm
- renkaan kuormitus 390 kg
- renkaan ilmanpaine 190 kPa
- rengas 185/65R15

Kitkamittausautolla on mitattu lukkojarrutuskitkaa ja sivukitkaa. Kitkamittaukslokset on esitetty kuvissa 4 ja 5.

Lukkojarrutuskitkakerroin

Menetelmällä selvitetään lukkoon jarrutetun auton renkaan ja paljaan sekä peitteisen esim. jäisen tai lumisen päällysteen välinen kitka. Kitkamittauslaitteena käytetään kuorma-autoon rakennettua henkilöauton etupyörää, alkupe-
räisine ripustuksineen ja varusteineen. Pyörään kohdistuvat voimat mitataan kahdella voima-anturilla.

Paljaalta päällysteeltä tehtävässä kitkamittauksessa käytetään täysin sileää erikoisrengasta. Mittapyörä on auton suuntainen ja jarrutetaan täysin lukkoon. Vettä ruiskutetaan välittömästi pyörän eteen koko mittauksen ajan 1 l/m².

Peitteiseltä päällysteeltä tehtävässä kitkamittauksessa käytetään nastoitettua talvirengasta ja samaa rengasta ilman nastoja. Rengastyypiksi valitaan yleisesti käytetty rengastyyppi. Nastoitus tehdään voimassa olevien nastamääräysten enimmäismäärien mukaisesti.

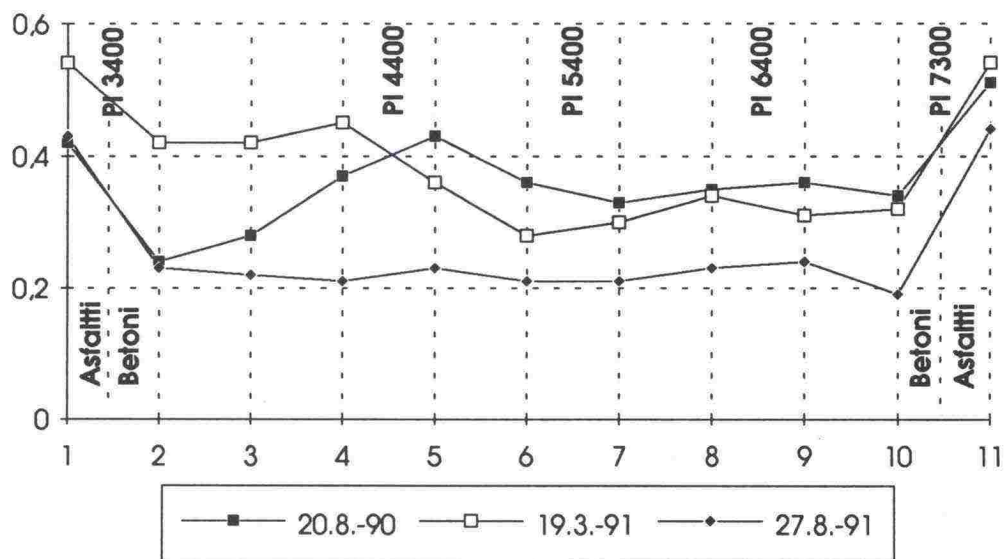
Mittausmatka on yleensä 400-1000 m. Lyhin mittausmatka on 100 m. Valitulla mittausmatkalla tehdään 40 m yhtämittaisia jarrutuksia haluttu määrä. Jarrutusten välissä on oltava vähintään 40 m pitkä jakso, jossa mittauspyörä pyörii vapaasti. Kitka-arvot mitataan mittausmatkalta 2 m välein.

Sivukitkakerroin

Menetelmällä selvitetään erilaisten kesärenkaiden ja talvirenkaiden väliset kitkaerot käyttäen samaa päällystettä. Kitkanmittauslaitteena käytetään samaa laitteistoa kuin lukkojarrutuskitkamittauksissa, mutta mittauspyörä käännetään tiettyyn vierintäkulmaan kulkusuuntaan nähden. Rengas kehittää pyörän ja päällysteen väliin voiman, josta käytetään nimitystä sivukitka.

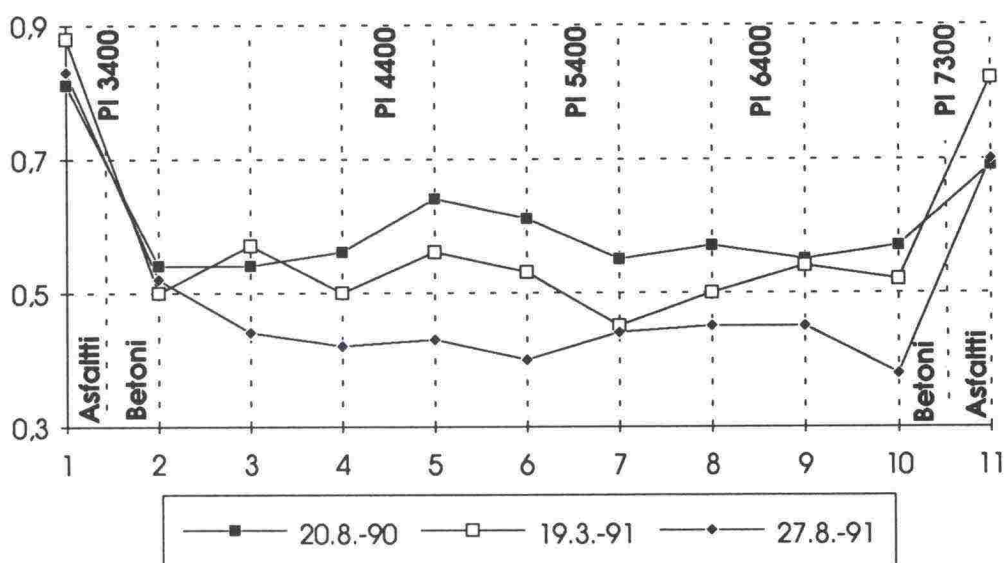
Sivukitkan maksimi eri vierintäkulmilla haetaan mittausajankohdasta riippuen erilaisilla kesärenkailla sekä nastoitetuilla että nastoittamattomilla talvirenkailla. Vettä ruiskutetaan välittömästi pyörän eteen koko kesärenkaiden mittauksen ajan 1 l/m².

Kitka



Kuva 4. Kitkamittaukset 1990-1991, lukkojarrutuskitka

Kitka



Kuva 5. Kitkamittaukset 1990-1991, sivukitka 8°

3.1.4 Valon paluuheijastuvuus

Paluuheijastuvuusmittaukset tehtiin LTL-800 Retrometer paluuheijastuvuusmittarilla. Mittauksia on tehty koko betonipäällysteen osuudella. Vertailumittaukset on tehty välittömästi betonitien etelä- ja pohjoispuolella asfalttiosuuk-silla. Käytetyt mittauskulma $1,36^\circ$ ja valaisukulma $0,74^\circ$ vastaavat henkilöauton valojen heijastumaa 50 m päässä auton edessä.

Jokainen ilmoitettu heijastuvuusarvo on viiden mittauksen keskiarvo. Valonheijastuvuuden mittayksikkönä käytetään $\text{mcdxm}^{-2}\text{xlx}^{-1}$. Tulokset eivät ole vertailukelpoisia Erichsen paluuheijastuvuusmittarin tulosten kanssa eri heijastuskulman takia. Paluuheijastuvuusmittaustulokset on esitetty taulukossa .

Taulukko 3. *Paluuheijastuvuusmittaustulokset 20.8.1990*

20.8.1990	Betonipäällyste		Asfalttipäällyste	
	keskiarvo	vaihteluväli	keskiarvo	vaihteluväli
	25,3	22...28	6,75	5...8

3.1.5 Melumittaukset

Melumittaukset tehtiin ISO standardia soveltaen seuraavasti:

- mittausauto Volkswagen Golf
- renkaat Continental 175/70-13
- melumittari Brul&Kjaer (B & K 2203)
- mikrofonin etäisyys mittausauton ajolinjasta 7,5 m
- mikrofonin korkeus tienpinnan tasosta 1,2 m
- mittausauton nopeus 70 ja 100 km/h veto päällä IV vaihteella

Mittaustuloksena on saatu ohitusmelun arvo dBA max. Mittauksen aikana moottori oli käynnissä ja veto päällä IV vaihteella. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. *Melumittaustulokset 20.8.1990, ohitusmelu dBA*

20.8.1990	Betonipäällyste		Asfalttipäällyste	
	70 km/h keskiarvo	70 km/h vaihteluväli	100 km/h keskiarvo	100 km/h vaihteluväli
dBA	79,0	77,2...81,3	85,2	83,8...86,7
20.8.1990	Asfalttipäällyste		Asfalttipäällyste	
	70 km/h keskiarvo	70 km/h vaihteluväli	100 km/h keskiarvo	100 km/h vaihteluväli
dBA	79,2	78,5...79,9	84,0	83,0...84,5

3.1.6 Betonilaattojen liikkeet

Betonilaattojen liikkeitä seurattiin paalun 5140 ympäristössä tarkoitusta varten instrumentoitujen betonilaattojen n:o 690, 692...706 kohdalla. Betonilaattojen liikkeitä tutkittiin lämpötilamittauksin, tarkkavaaituksin ja työntömittaustulkkauksin. Betonilaattojen odotettiin käyristyvän lämpötilan muuttuessa ja lämpötilaeron ollessa suuri laatan ylä- ja alapinnan välillä. Mittaukset pyrittiin tekemään keväällä yöpakkasten jäähdyttyessä laatan ja iltapäivän kevätauringon lämmittäessä laatan yläpinnan. Mittaukset tehtiin aamuyöllä ennen auringon nousua ja iltapäivällä ennen auringon laskua.

Lämpötila betonilaatan eri kerroksissa mitattiin termoelementistä, joka oli asennettu betonipäälysteeseen. Mittauspisteet olivat 2,4,6,10,15 ja 20 cm syvyydeltä laatan pinnasta lukien. Alkuperäisen tavoitteen mukaisesti pyrittiin siihen, että betonilaattojen liikkeitä mitattaessa lämpötilaero betonilaatan ylä- ja alapinnan välillä olisi vähintään 20 °C.

2.4 ja 3.4.1991 tehtyjen mitausten välillä lämpötilaerot olivat:

- * ilmassa 12°C, muutos: -8,0°C -> +4,0°C
- * betonilaatan yläpinnassa 10,0°C, muutos: -4,8°C -> +5,2°C
- * betonilaatan alapinnassa 4,2°C, muutos: -3,2°C -> +1,0°C

Mittauksia tehtäessä todettiin, että tavoitteena ollut betonilaatan ylä- ja alapinnan välinen 20 °C lämpötilamuutos vuorokaudessa on erittäin vaikea saavuttaa. Tavoitteen saavuttaminen edellyttäisi jatkuvaa, useiden vuorokausien yhtäjaksoista seurantaa ja mitausta.

Tehdyissä mittauksissa laattojen keskimääräinen käyristyminen oli 0,015...0,035 mm/°C/2,2...3,2 m laskettuna laatan keskikohdan ja reunojen välillä.

Lämpötilan muutoksesta johtuvaa betonilaatan laajenemista/-kutistumista tutkittiin mittaamalla asennettujen mittauspulttien väliset etäisyydet betonilaatan ollessa eri lämpötilassa. Mittaukset tehtiin tarkoitusta varten kehitetyllä työntömittauskalustolla. Mittaukset tehtiin samanaikaisesti käyristymämittausten kanssa.

Keskimääräinen lämpölaajeneminen oli laatan pituussuunnassa 0,085...0,14 mm/°C/4,8m ja laatan poikkisuunnassa 0,125...0,155 mm/°C/4,3m. Betonilaattojen n:o 690,692...706 välisten saumarakojen suuruus muuttui keskimäärin 0,25 mm, vaihteluväli 0,10...0,45 mm. Lämpötilan muutoksesta aiheutuva saumaraon suuruuden muutos on siten keskimäärin 0,025 mm/°C.

Koska tulos on ennako-odotusten mukainen päätettiin, että betonilaattojen liikkeitä ei seurata ainakaan lähivuosina.

3.1.7 Betonin laadun seuranta

Näytteenotto

Betonin lujuutta, sään- ja suolankestävyyttä on tutkittu päällysteestä otetuista koekappaleista. Näytteet tutkimuksia varten on irrotettu timanttisahalla ja -poralla laattojen no 10 ja 1460 (v.1990-1991) sekä 12 ja 1462 (v.1992) pientareen puoleisesta reunasta välittömästi reunaviivan ulkopuolelta. Kunkin näytteenoton yhteydessä laatasta irrotettiin kolme noin 100 mm:n levyistä ja noin 500 mm:n pituista perättäistä näytettä betonilaatan läpi. Näytteen korkeus on siten noin 220 mm. Näytepalat irrotettiin toisistaan poraamalla ø 100 mm:n timanttiporalla neljä reikää sahauslinjaan.

Näytteiden irrottamisen yhteydessä tehtiin seuraavat havainnot:

26.9.1990

- * laatasta no 10 otetut näytteet irtosivat pohjasta siten, että maabetonia tuli mukaan
- * laatasta no 1460 otetut näytteet irtosivat pohjasta betonin ja maabetonin välistä saumaa pitkin

24.9.1991

- * laatasta no 10 otetut näytteet irtosivat pohjasta siten, että maabetonia tuli mukaan
- * laatasta no 1460 otetut näytteet irtosivat pohjasta betonin ja maabetonin välistä saumaa pitkin

9.9.1992

- * laatasta no 12 otetut näytteet irtosivat pohjasta siten, että maabetonia tuli paikoitellen mukaan
- * laatasta no 1462 otetut näytteet irtosivat pohjasta betonin ja maabetonin välistä saumaa pitkin

Jokaisesta näytteestä valmistettiin kaksi kooltaan noin 100 mm x 100 mm x 500 mm koekappaletta (yläosasta ja alaosasta erikseen). Koekappaleiden kokonaismääräksi tuli siten 12 kpl/tutkimuskerta.

Taivutusvetolujuuden määrittämisen jälkeen edellisistä palkeista valmistettiin noin 100 mm x 100 mm x 100 mm kokoisia koekappaleita seuraavasti:

- * yläosasta 6 kpl, joista 3 päätykappaletta pakkas-suolakestävyyskokeeseen ja 3 seuraavaa kappaletta puristuslujuuskokeeseen
- * alaosasta 3 kpl puristuslujuuskokeeseen

Näytteenoton ja koekappaleiden valmistamisen välinen aika kappaleita säilytettiin huonetilassa muovikalvolla suojattuna.

Mikroskooppitutkimuksessa käytettiin lieriöitä, jotka porattiin näytepalkkien irrottamiseksi sahauslinjasta.

Kokelden teko

Palkeista määritettiin taivutusvetolujuus standardin SFS 5444 mukaan kahta viivakuormaa käyttäen. Kuormitus kohdistettiin yläosasta valmistettuun palkkiin siten, että vetopuolena oli tien pinnan puoleinen syrjä ja alaosasta valmistettuun palkkiin siten, että vetopuolena oli tien alapinnan puoleinen syrjä.

Puristuslujuus määritettiin standardin SFS 4474 mukaan siten, että puristus-suunta oli tien pintaa vastaan kohtisuoraan.

Pakkas-suolakestävyys määritettiin standardin SFS 5449 mukaan. Jäädytys-sulatuskierrosten lukumäärä oli 50. Koekappaleiden valmistuksen jälkeen niitä säilytettiin em. standardin mukaisissa olosuhteissa (+20 °C ja 70±5% suhteellinen kosteus) koestuksen aloittamiseen saakka.

Betoninäytteiden kunto tutkittiin mikroskooppianalyysillä kahdesta poraamalla irrotetusta lieriöstä. Mikroskooppianalyysi tehtiin VTT:n Rakennusmateriaalilaboratoriossa.

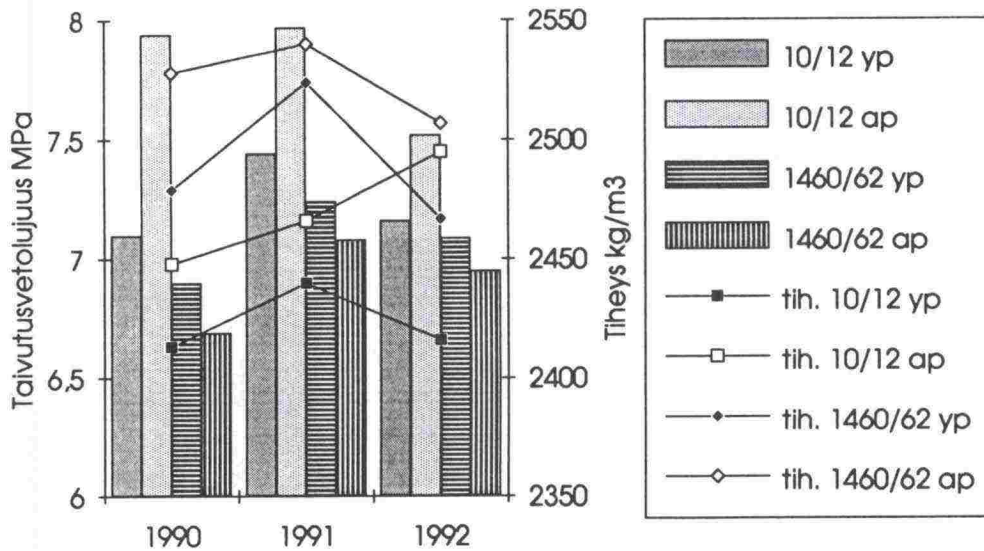
Tutkimustulokset

Taivutusvetolujuuden kehittyminen vuosina 1990-1992 on esitetty kuvassa 6. Puristuslujuuden kehittyminen vuosina 1990-1992 on esitetty kuvassa 7. Samoissa kuvissa on esitetty myös tutkittujen näytteiden tiheys. Pakkas-suolakestävyyskokeen tulokset vuosina 1990-1992 on esitetty taulukossa 5.

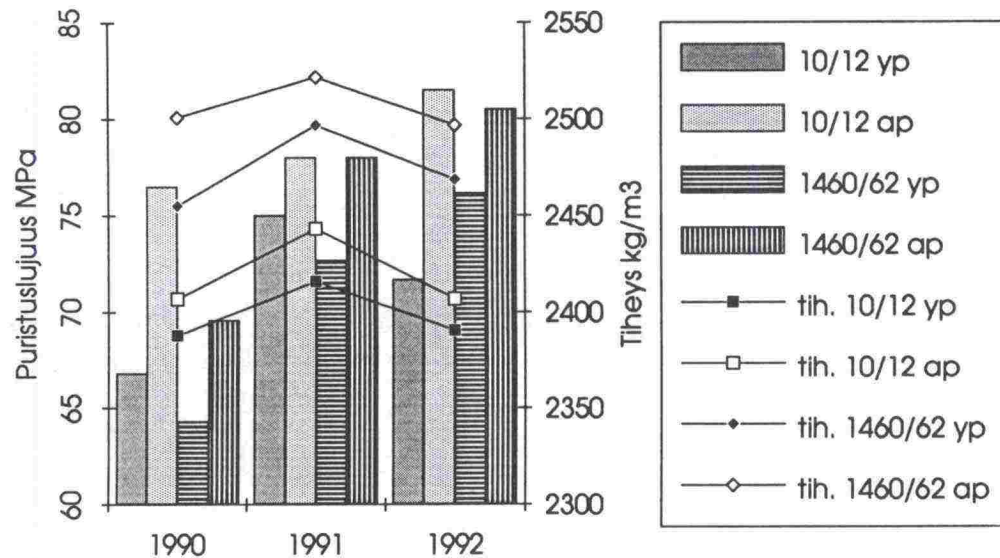
Vuoden 1990 kokeen jälkeen laatan no 10 koekappaleissa ei ollut havaittavissa vaurioita. Laatan n:o 1460 koekappaleiden pinnat olivat rapautuneet.

Vuoden 1991 kokeen jälkeen laatan no 10 koekappaleissa ei ollut havaittavissa vaurioita. Laatan n:o 1460 koekappaleiden pinnat olivat hieman rapautuneet.

Vuoden 1992 kokeen jälkeen laatan no 12 koekappaleissa oli havaittavissa vähäistä rapautumista. Laatan no 1462 koekappaleiden pinnat olivat rapautuneet huomattavasti.



Kuva 6. Taivutusvetolujuuden ja tiheyden kehittyminen 1990-1992



Kuva 7. Puristuslujuuden ja tiheyden kehittyminen 1990-1992

Taulukko 5. Pakkas-suolakestävyyskokeen tulokset koekappaleittain vuosina 1990-1992

Koekappaleet laatasta no	10	10	12	1460	1460	1462
Tutkimusajankohta	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Tiheys ennen imeytystä kg/m ³	2430	2460	2447	2510	2530	2533
Imeytyminen %(esikäsittely)	0,5	0,2	0,2	0,9	0,4	0,3
Tilavuuden muutos %						
10 kierrosta	-0,1	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,2
25 kierrosta	-0,1	0,5	-0,1	1,6	0,0	1,9
35 kierrosta		0,0	-0,1		0,6	3,1
50 kierrosta	-0,1	0,0	0,1	5,9	1,2	6,6

Kunkin vuoden koetulos on kolmen kokeen keskiarvo

Mikroskooppitutkimukset

Mikroskooppitutkimuksissa on analysoitu betoninäytteiden homogeenisuutta, ilmahuokosrakennetta, mikrosäröilyä, kiteymiä, vesi-sideainesuhdetta ja karbonatisoitumista.

Näytteet analysoitiin tutkimalla niitä tekijöitä, joilla on ollut ja on suora tai epäsuora vaikutus betonin kuntoon. Näitä tekijöitä kuvataan indeksillä eli lukuarvolla nollasta kolmeen. Indeksi 0 tarkoittaa, että määritetty tekijä tai ominaisuus on erinomainen. Indeksi 3 tarkoittaa, että tekijä tai ominaisuus on huono. Näytteiden summaindeksi on saatu analysoitujen ominaisuuksien indeksien summana.

Vuosien 1990-1992 tutkimusraporttien keskeinen sisältö eri ominaisuuksien mukaan on esitetty seuraavassa yhteenvedossa:

1) Homogeenisuus

Betoninäytteiden runkoaine-sideainejakauma on tasainen, samoin kuin sementtikiven rakenne. Myös sementin hydrataatio on tasainen. Näytteiden indeksi on 0.

2) Ilmahuokosrakenne

Näytteissä on ilmahuokosia erittäin vähän. Näytteiden indeksi on 1,5.

3) Mikrosäröily

Näytteessä Oulu 10/1 on tasaista, epäjatkovaa mikrosäröilyä koko näytteessä. Näytteen indeksi on 1,5.

Näytteessä Oulu 10/2 on tasaista, epäjatkovaa mikrosäröilyä koko näytteessä. Lisäksi ulkopinnan lähellä on joitakin pinnan suuntaisia säröjä. Näytteen indeksi on pinnassa 1,5 ja syvemmillä 0,5.

Näytteen Oulu 12/3 pintaosassa (0-12 mm) on yksi pinnan suuntainen halkeama sekä tasaista, epäjatkovaa mikrosäröilyä. Syvemmillä betonissa (30-50 mm) on heikkoa, epäjatkovaa mikrosäröilyä. Pintaosan indeksi on 1,5 ja syvemmillä 0,5.

Näytteessä Oulu 1460/1 on vain muutamia lyhyitä, pieniä mikrosäröjä. Näytteen indeksi on 0.

Näytteessä Oulu 1460/2 on ulkopinnan lähellä joitakin pinnan suuntaisia säröjä ja syvemmällä näytteessä vain muutamia lyhyitä pieniä mikrosäröjä. Näytteen indeksi on pinnassa 1 ja syvemmällä 0.

Näytteen Oulu 1462/3 pintaosassa on yksi pinnan suuntainen halkeama sekä heikkoa mikrosäröilyä. Syvemmällä betonissa on vain muutama pieni mikrosärö. Pintaosan indeksi on 1,0 ja syvemmällä 0.

4) Kiteytymät

Kiteytymiä ei näytteiden huokosista tai säröistä löydy. Näytteiden indeksi on 0.

5) Vesi-sideainesuhde

Vesi-sideainesuhde betoneissa on tasainen ja varsin alhainen. Isojen runko-ainerakeiden tartunnassa todettiin hieman kohonnut vesi-sementtiainesuhde. Näytteiden indeksi on 0,5.

6) Karbonatisoituminen

Näytteiden pinnasta mitatut karbonatisoitumissyvyydet ovat:

näyte Oulu 10/1 0,5-3 mm	näyte Oulu 1460/1 0,5-2 mm.
näyte Oulu 10/2 0-3 mm	näyte Oulu 1460/2 0-2 mm
näyte Oulu 12/3 0,5-3,5 mm	näyte Oulu 1462/3 0,5-3 mm

Yhteenveto vuosien 1990-1992 mikroskooppitutkimusten tuloksista on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. *Mikroskooppitutkimuksissa vuosina 1990-1992 analysoitujen ominaisuuksien indeksi- ja summaindeksit*

Näytteen no Tutkimusajankohta	10/1, 10/2, 12/3			1460/1, 1460/2, 1462/3		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992
Homogeenisuus	0	0	0	0	0	0
Ilmahuokosrakenne	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mikrosäröily 0-12 mm pinnasta	1,5	1,5	1,5	0,5	1	1
Mikrosäröily 30-50 mm pinnasta	1,5	0,5	0,5	0	0	0
Kiteytymät	0	0	0	0	0	0
Vesi/sideainesuhde	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Summaindeksi	5	4	4	2,5	3	3

Indeksi 0 tarkoittaa, että määritetty tekijä tai ominaisuus on erinomainen
Indeksi 3 tarkoittaa, että määritetty tekijä tai ominaisuus on huono

Yksittäisiä ominaisuuksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että betonit ovat homogeenisia. Betoneiden vesi-sideainesuhde on tasainen ja alhainen. Myöskään korroosiotuotteita betoneista ei löydy. Betoneiden ilmahuokosra-
kenne ja mikrosäröily asettuvat indeksiasteikon (0-3) puoliväliin, muut selvästi alapuolelle.

Jos betoninäytteiden kuntoeroa tarkastellaan ominaisuuksien summaindeksi-
en valossa, voidaan todeta, että betonit eivät kunnoltaan paljoa poikkea
toisistaan. Vaihteluvälin 0-18 sisällä näytteet asettuvat haarukan alkupäähän,
enintään 3 yksikön päähän toisistaan, eli betonit ovat kunnoltaan hyviä.

Vähäisen ilmamäärän vaikutusta betoneiden pakkasenkestävyyteen ja
säilyvyyteen on vaikea arvioida betoneiden alhaisen vesi-sideainesuhteen ja
ilmeisen korkean lujuusluokan vuoksi.

Yhteenveto betonin laadun kehittymiseen liittyvistä laboratoriotutkimuk- sista

Verrattaessa vuoden 1992 tuloksia vuosien 1990 ja 1991 tuloksiin voidaan
todeta seuraavaa:

- * Taivutusvetolujuudet ovat pysyneet likimain samalla tasolla koko tarkastelujakson.
- * Puristuslujuudet ovat pysyneet tasoltaan vuoden 1991 lukemis-
sa.
- * Pakkas-suolakokeessa laatan 12 rapautuma on aiempien ko-
keiden mukainen, eli rapautumista ei ole tapahtunut. Laatan
1462 rapautuma on selvästi suurempi kuin vuoden 1991 ko-
keessa, ollen samaa suuruusluokkaa kuin vuoden 1990 kokees-
sa (vuonna 1990 rapautuma 5,9 %, vuonna 1991 rapautuma
1,2% ja vuonna 1992 6,6 %).
- * Mikroskooppianalyysissä havaittiin vähäistä muutosta mikrosä-
röilyn määrässä. Muilta osin tulokset olivat aiemman tutkimuk-
sen kaltaiset.

3.1.8 Routahavaintoihin liittyvät mittaukset

Routahavaintoihin liittyvien mittausten tekemistä varten instrumentoitiin neljä tiepoikkileikkausta: pl 3375 (Ab) , pl 3422,5 , pl 5142,5 ja pl 6342,5. Tiepoikkileikkausten instrumentointi toteutui Betonitien seurantaohjelmassa kohdassa 10 s.18 esitettyssä muodossa. Tutkimuspoikkileikkauksiin liittyy vertailupiste sivuojan takana. Instrumentoinnin avulla tehdyillä mittauksilla pystytään seuraamaan routanousua, roudan etenemistä rakenteessa ja pohjaveden korkeusasemaa.

Routanousua mitattiin vaaitsemalla tutkimuspoikkileikkauksen kohdalla tien pinnan ja pientareen korkeusasemaa. Asfalttipäällystepoikkileikkauksessa pl 3375 oli 7 vaaituspistettä ja betonipäällystepoikkileikkauksessa 16 vaaituspistettä/2 betonilaattaa sekä 8 vaaituspistettä pientareilla. Pohjamaan routanousua mitattiin vaaitsemalla vertailupisteisiin asennettujen routanousumittauslevyjen korkeusasemaa, yhteensä 3 kpl.

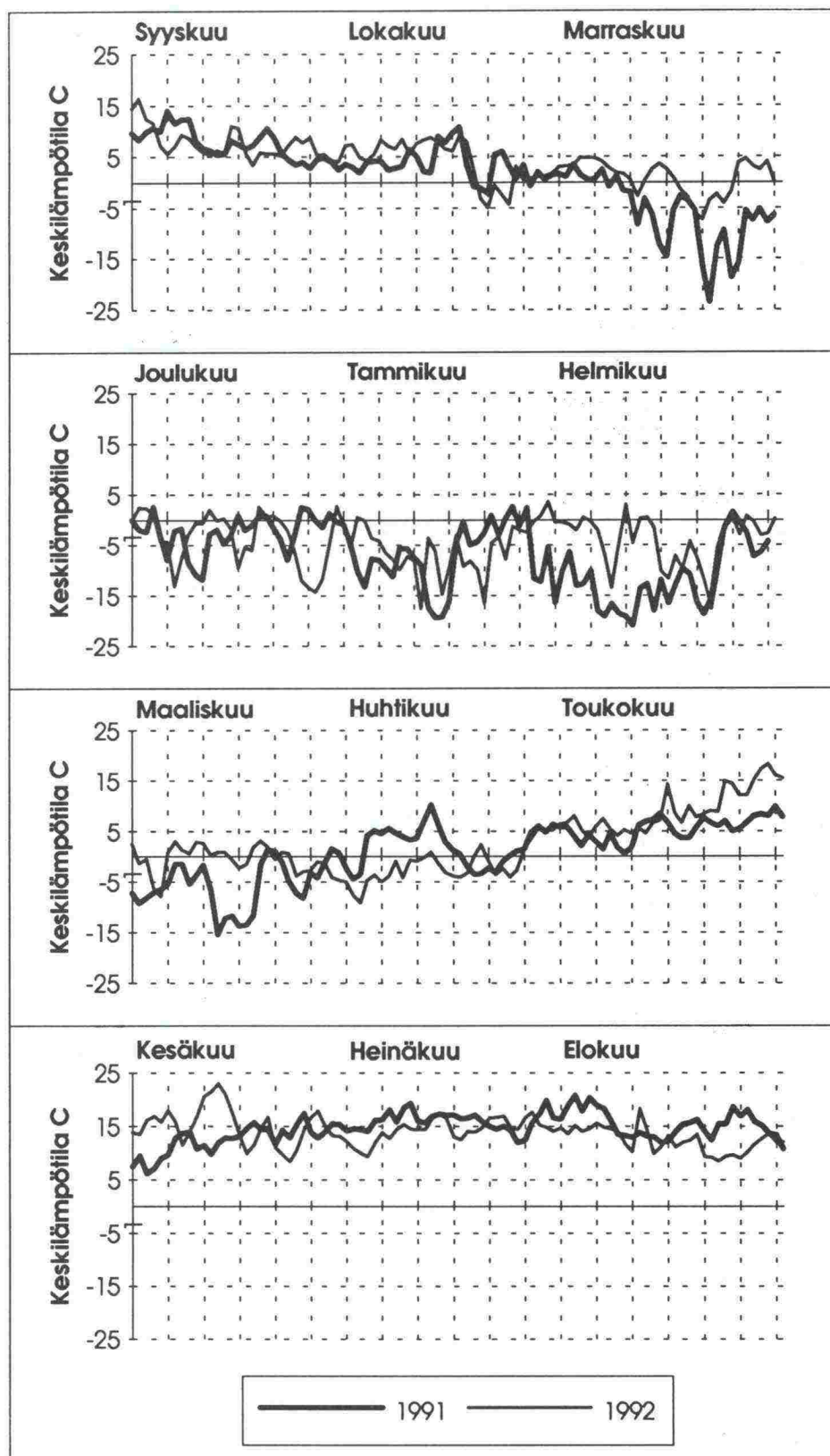
Routarajan eteneminen rakenteessa on saatu lämpötilamittaustuloksista 0-gradientin kohdalta. Talvikaudella 1990-1991 routahavaintoihin liittyvät mittaukset instrumentoiduissa poikkileikkauksissa tehtiin yhteensä 15 kertaa.

Talven 1990-1991 pakkassumma oli noin 25 000 h°C ja talven 1991-1992 pakkassumma noin 14 000 h°C. Vuorokauden keskilämpötilat Oulunsalon lentoasemalla aikavälillä 1.9.1990-31.8.1992 on esitetty kuvassa 8 ja vastaavat pakkassummat kuvassa 9.

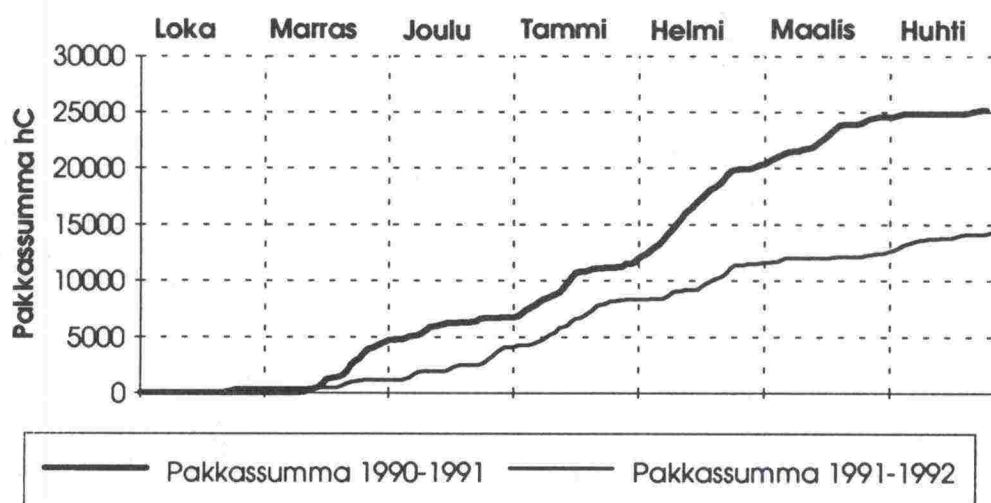
Talven 1990-1991 pakkassumma vastaa kerran 2 vuodessa Oulun alueella toistuvaa pakkasmäärää. Tällä pakkasummalla routaraja on tutkimuspoikkileikkauksissa edennyt rakennekerrosten alapintaan tai jopa jonkin verran pohjamaahan. Merkittävää routanousua tai huomattavia routanousueroja ei kuitenkaan ole havaittu. Routanousu tien keskilinjalla tutkimuspoikkileikkauksissa on ollut alle 5 mm. Vertailupisteissä luonnollisen pohjamaan routanousu on ollut 30-70 mm. Tuloksissa esiintyvä tien pinnan painuminen johtuu maakerrosten kokoonpuristumisesta

Routahavaintomittaustulokset on esitetty liitteissä 1-10. Tulokset on esitetty erikseen tien keskilinjan kohdalla, yksittäisessä poikkileikkauksessa ja vertailupisteessä. Tien pinnan routanousu on esitetty betonilaattojen kulmissa sekä laatan ja pientareen välisessä saumassa.

Talvikaudella 1991-1992 instrumentoitujen routahavaintopoikkileikkausten mittaukset tehtiin vain kerran maaliskuussa 1992. Routaraja oli tällöin noin 1,5 m syvyydellä tien pinnasta eli rakennekerroksissa. Pohjamaa ei ollut routautunut. Mittauksissa ei havaittu routanousua.



Kuva 8. Vuorokauden keskilämpötilat 1.9.1990-31.8.1992 Oulunsalon lentoasemalla



Kuva 9. *Pakkassumma Oulunsalon lentoasemalla talvikausilla 1990-1991 ja 1991-1992*

3.1.9 Vaaitukset

Lähtötilanteen dokumentointia varten betonitien pinnan korkeusasema mitattiin erittäin kattavasti tien valmistumisvaiheessa. Kaikkien betonilaattojen kaikkien kulmien korkeus vaaittiin. Pientareiden korkeus vaaittiin kaikkien betonilaattojen saumojen kohdalta laatan vierestä ja pientareen ulkoreunalta. Jokaisen betonipäällysteen poikittaissauman kohdalta mitattiin vähintään 7 pistettä. Kaikkiaan vaaittuja pisteitä oli 6008 kpl.

Jatkossa vaaittavien pisteiden lukumäärää on vähennetty. Vaaituksilla on pyritty kattamaan koko tiepituus esim. harventamalla mitattavien poikkileikkauksen kokonaismäärää. Yksityiskohtaisemmat vaaitukset on kohdistettu sellaisiin kohtiin joissa on havaittu jotain erityistä.

Huhtikuussa 1991 vaaittiin poikkileikkaukset 25 m välein. Epätasaista routanousua ei havaittu. Tien pinta oli sitävastoin painunut paaluvälillä 3410-4370. Painuma oli suurimmillaan 6 cm. Painumista oli tapahtunut tasaisesti koko tien leveydeltä. Betonilaattojen välille tai betonilaattojen ja pientareen välille ei ollut syntynyt porrastusta. Tien pituussuunnassa painumista oli tapahtunut kahdessa kohdassa yhteensä noin 500 m matkalla. Painuneella osuudella pohjamaa on kerroksellista savista silttiä ja hiekkaista silttiä. Painokairauksilla on pohjamaassa havaittu useita metrejä paksuja löyhässä tilassa olevia maakerroksia.

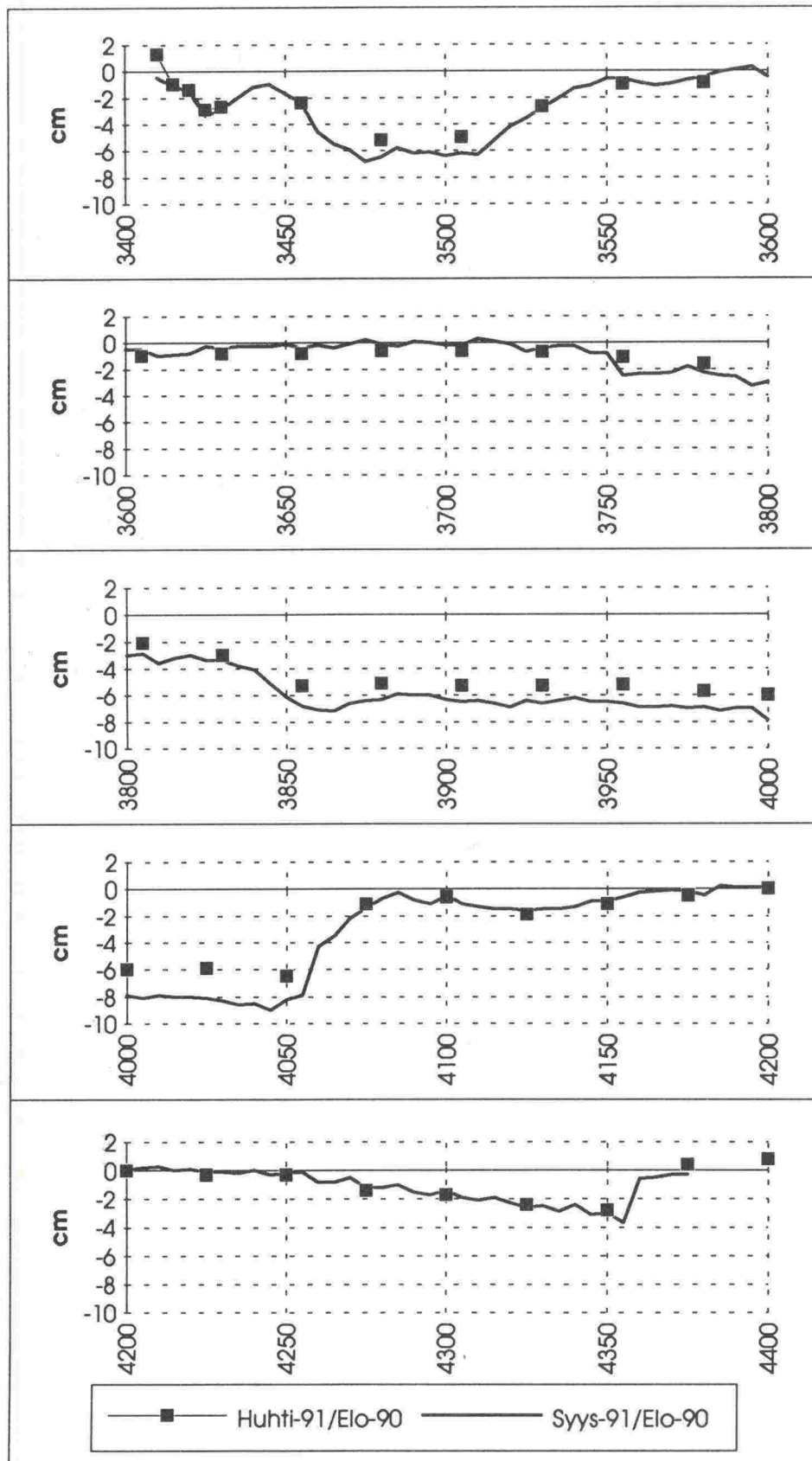
Syyskuussa 1991 vaaittiin painuneella osuudella poikkileikkaukset 5 metrin välein. Muualla poikkileikkaukset vaaittiin 25 metrin välein. Huhtikuun 1991 ja syyskuun 1991 välisenä aikana tien pinta oli edelleen painunut paaluvälillä 3410-4370. Kokonaispainuma oli suurimmillaan 9 cm.

Huhtikuussa 1992 vaaittiin pelkästään tien keskilinja 5 m välein laattasaumojen kohdalta. Leudosta talvesta johtuen routanousua ei esiintynyt. Painuminen paaluvälillä 3410-4370 oli jatkunut. Kokonaispainuma huhtikuussa oli suurimmillaan 11 cm paalun 4045 kohdalla.

Lukuunottamatta paaluväliä 3410-4370 on tien pinta pysynyt elokuun 1990 tasossa. Paikoin tapahtunut routanousu talvella 1990-1991 oli tasaista, keskilinjan maksimiroutanousu alle 2 cm. Talven aikana tapahtui paikoin vastaavan suuruista rakenteen tiivistymistä. Syyskuuhun 1991 mennessä voidaan rakenteen tiivistymisen katsoa tapahtuneen. Alkuosuuden pohjamaan kokoonpuristuminen jatkuu edelleen, tosin hidastuneena. Talvella 1991-1992 ei routanousua tapahtunut.

Laatan ja pientareen välinen korkeusero eli porrastus on edelleen alkuperäistä suuruusluokkaa keskimäärin 0...20 mm. Korkeusero laatan ja pientareen välillä on eräissä yksittäisissä kohdissa noin 30 mm.

Betonitien alkuosuuden vaaitustuloksia on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Betonitien vaaitustulokset keskilinjän kohdalta paaluvälillä 3410-4400: elokuu-90/huhtikuu-91 ja elokuu-90/syyskuu-91

3.2 Päällysteen kunnon seuranta

3.2.1 Kunto-/vaurioinventointi

Betonipäällysteen kuntoa ja vaurioita on seurattu vuosittaisin vaurioinventoinnein. Inventointi on tehty silmämääräisesti käymällä kaikki laatat läpi ja kirjaamalla esiintyvät vauriot A4-kokoisille laatakartoille. Vaurioiden kehittymistä on seurattu ja muutokset on kirjattu ylös.

Päällysteen varsinainen kuntoinventointi oli tarkoitus tehdä syksyllä 1990 päällysteen lopullisesti valmistuttua. Rakennusaikana esiin tulleiden vaurioiden ja niiden korjaustarpeiden kartoittamiseksi tehtiin ensimmäinen inventointikierros heinäkuussa 1990. Inventointi tehtiin yhdessä rakennuttajan kanssa.

Inventointiajankohtana päällysteen pinta oli suuren osan aikaa sateen kastelema. Lisäksi käytettiin keinokastelua. Kastelun jälkeen ja laatan pinnan kuivuttua halkeamat näkyivät erinomaisesti halkeamaan imeytyneen kosteuden ansiosta. Kastelun vaikutus oli lyhytaikainen. Sateen täysin kastelemasta tai täysin kuivasta pinnasta hiushalkeamien havaitseminen oli vaikeata.

Inventointiajankohtana pientareet olivat osittain täyttämättä ja suurimmaksi osaksi asfaltoimatta. Saumat oli sahattu, mutta saumausta ei oltu tehty. Betonilaatat olivat levitystyön jäljellä, eli työn aikana tulleita vaurioita ei ollut korjattu. Esiintyvien halkeamien pituus ja leveys merkittiin laatakartoille. Jos kysymyksessä oli alle 0,2 m leveä halkeama, ei leveyttä merkitty. Kaikki havaitut poikkeamat virheettömistä laatoista kirjattiin.

10-16.7.1990 tehdyssä vaurioinventoinnissa havaittiin seuraavat määrät erilaisia vaurioita:

- * 281 kpl alle 0,2 mm leveitä halkeamia, yhteispituus 77,72 m
- * 216 kpl yli 0,2 mm leveitä halkeamia, yhteispituus 125,63 m
- * 56 kpl koloja ja 26 koloutunutta aluetta
- * 44 kpl lohkeamia
- * 49 kpl muita vaurioita, esim epätasainen pinta

Yli 0,2 mm leveät halkeamat korjattiin injektoimalla ne halkeaman viereen poratun reiän kautta. Injektointi tehtiin Araldit By 158:lla. Alle 0,2 mm leveät halkeamat impregnoitiin eli siveltiin pinnalta injektointiaineella. Injektointiaine imeytyi pinnalta hiushalkeamaan. Impregnoinnissa käytettiin samaa injektointiainetta kuin varsinaisessa injektoinnissa, mutta kovetinta ei käytetty.

Ensimmäinen seurantaohjelman mukainen vaurioinventointi tehtiin keväällä 1991. Nastarengasliikenteen ansiosta sementtiliima oli kulunut ajoraiteiden kohdalta päällysteen pinnasta. Sementtiliiman alta oli paljastunut muutamia

aiemmin havaitsematta jääneitä hiushalkeamia. Muutamat impregnoidut halkeamat olivat purkautuneet. Injektoimalla korjatuissa halkeamissa ei esiintynyt purkautumista.

Aiemmin havaitut pienemmät kolot olivat sementtiliiman kulumisen mukana tasoittuneet. Rakentamisen aikana syntyneet lohkeamat oli korjattu betonilla. Laattasaumojen kohdalla olleita pienempiä lohkeamia oli täytetty saumamassalla.

Talvikaudella oli päällysteeseen purkautumisen takia syntynyt yksi suuri reikä. Eräissä kohdissa saumojen kohdalla betoni oli kulunut huomattavasti. Muutoin päällyste oli hyvässä kunnossa.

Toinen seurantaohjelman mukainen vaurioinventointi tehtiin keväällä 1992. Betonipäällyste oli eräissä injektoiduissa kohdissa kulunut siten, että injektointiaine kovempaa oli jäänyt noin 5 mm betonipäällysteen pinnan yläpuolelle. Aiemmin havaitut vauriot oli korjattu, eikä huomattavia uusia vaurioita ollut syntynyt.

3.2.2 Saumojen tarkastus

Saumojen tarkastus on tehty päällysteen vaurioinventointien yhteydessä. Päällysteen rakennusaikaisen inventoinnin aikana saumaustyötä ei vielä oltu tehty. Ensimmäisenä talvena 1990-1991 saumamassa vaurioitui ja irtosi lähes kaikista saumoista. Rakennuttaja tarkasti saumojen vaurioitumisasteen ja totesi lähes kaikki saumat vaurioituneiksi.

Keväällä 1991 saumojen inventointi tehtiin kaikkien saumojen osalta paaluvälillä 3660-5150 (laatat n:o 100-700). Muualla saumojen kunto inventoitiin, mikäli viereisessä laatasta oli ollut muutakin huomioitavaa. Tällä tavalla tuli inventoitua noin puolet kaikista saumoista. Loppuja saumoja ei inventoitu, koska lähes kaikissa saumoissa oli vaurioita ja tiedettiin tulevasta täydellisestä saumauksen uusimisesta.

Kesällä 1991 kaikki poikkisaumat uusittiin lukuunottamatta paaluvälillä 7000-7100 (laatat n:o 1439-1480) olevia 4 mm leveitä koesaumoja. Pituussaumoihin ei koskettu.

Keväällä 1992 saumat olivat pääsääntöisesti vaurioitumattomia. Vain muutamassa saumassa saumamassa oli irronnut tai poissa.

3.2.3 Betonitien kuntorekisteri ja kuntorekisterin päivitys

Betonitien kuntorekisteri

Betonipäälysteen kunnon ja vaurioiden seurantaan sekä tietojen tallentamiseen on kehitetty betonitien kuntorekisteri BETO. Ohjelma on toteutettu MS-DOS pohjaisille mikrotietokoneille Paradox-tietokantaohjelmalla ja C-kielillä. Ensimmäinen kuntorekisterin versio BETO 1.0 valmistui syksyllä 1990. Ensimmäisen vaurioinventoinnin tulosten tallennuksen aikana saatujen käyttökokemusten perusteella kuntorekisteriä kehitettiin. Kuntorekisterin nykyinen versio BETO 1.5 valmistui kesällä 1991.

Kuntorekisterin laattakartoille tallennetaan graafisesti piirtämällä inventoinnin yhteydessä havaitut vauriot. Taulukko-osassa vaurioista voidaan antaa lisätietoja. Laattakartat lisätietoineen voidaan tulostaa paperille A4-koossa.

Suunniteltujen ja toteutuneiden korjausten kustannukset voidaan laskea omassa taulukko-osassaan. Eri aikoina tehtyjen routavaaitusten tuloksia sekä laatan ja pientareen asemaa voidaan verrata omassa taulukko-osassaan.

Kaikki toimenpiteet ja laskennat voidaan tehdä joko koko tien osalla tai vain haluttujen laattojen osalta.

Kuntorekisterin päivitys

Kuntorekisterin päivitys on tehty inventointikierrosten jälkeen. Kunkin inventointikierroksen jälkeinen tilanne on tallennettu tiedostoon josta se voidaan haluttaessa noutaa. Laattakarttojen paperitulosteita ei ole tarkoitus erikseen tallentaa jokaisen inventointikierroksen jälkeen. Laattakarttojen viimeisin tilanne on kuitenkin aina paperitulosteena käytettävissä seuraavan inventointikierroksen maastokappaleena.

Tähän mennessä korjaustoimenpiteitä ei ole suunniteltu eikä siten myöskään korjauskustannuksia ole arvioitu kuntorekisteriä hyväksikäyttäen. Routavaaitustulokset sekä laatan ja pientareen asema on laskettu kuntorekisterin laskentaosan avulla. Näiden laskentojen tulokset on tulostettu paperille ja kansioitu.

3.3 Keli, kunnossapito ja liikenne

3.3.1 Sää- ja kelihavainnot

Oulun tiepiirin yksi tiesääasema sijaitsee betonitiellä Ouluntullin levähdysalueen yhteydessä. Tiesääasema kerää tietoja sää- ja kelitiedoista mm. betonipäällysteeseen asennetun anturin avulla. Tiesääasema rekisteröi tiedot tien pinnan lämpötilasta ja vallitsevasta kelistä. Rekisteröitäviä kelityyppejä on 8 kpl. Keliolosuhteista rekisteröidään märkyys, suolaisuus sekä lumi- ja jääolosuhteet. Vallitsevat keliolosuhteet rekisteröidään keskimäärin kolme kertaa tunnissa.

Halutut tiedot voidaan poimia rekisteristä. Poiminnan suorittamista varten on mikrotietokoneelle tehty tarkoitusta varten erityinen ohjelma. Poimintaohjelman avulla vuorokauden aikana vallinneet erilaiset keliolosuhteet saadaan summana h/vrk.

Kelitietoja on käytettävissä 17.1.1992-30.6.1992 väliseltä ajalta. Kelianturin toiminnassa on ollut ongelmia. Anturi ei ole toiminut jatkuvasti, eikä sen antama kelitieto ole aina pitänyt paikkaansa silmämääräisesti havaittuun keliin verrattuna. Anturi on vaihdettu kerran. Silmämääräisten havaintojen perusteella kelin muutosvaiheessa anturi ei anna täsmälleen vallitsevia olosuhteita vastaavia tuloksia. Rekisteröityihin kelitietoihin täytyy suhtautua tietyllä varauksella.

Käytettävissä olevat kelitiedot on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. *Kelitiedot Ouluntullin tiesääasemalla 17.1-30.6.1992*

Kuukausi	Vallinnut keli tunteina							
	Kuiva	Kostea	Märkä	Märkä/suola	Kuura	Lumi	Jää	Kostea/suola
Tammikuu	57	0	8	21	168	1	0	12
Helmikuu	288	9	4	70	154	8	0	149
Maaliskuu	313	75	88	41	57	9	0	97
Huhtikuu	189	2	0	0	0	0	0	13
Toukokuu	707	6	19	0	0	0	0	0
Kesäkuu	687	4	28	0	0	0	0	0
Yhteensä	2241	97	147	132	380	19	0	272

3.3.2 Kunnossapitotoimenpiteet

Betonitien kunnossapitoon liittyvästä puhtaanapidosta ja liukkaudentorjunnasta on huolehtinut Kempeleen tiemestaripiiri. Liukkaudentorjunnassa varauduttiin muilta betoniteiltä saatujen ennakkotietojen perusteella ongelmiin. Betonitiestä ilmoittavaa yleistä huomiomerkkiä käytettiin kahtena ensimmäisenä talvena. Nytemmin merkin käytöstä on luovuttu. Ennen pinnan sementtiliiman kulumista päällyste oli liukkaampi kuin asfaltti. Alkukulumisen jälkeen ei ole havaittu huomattavaa eroa.

Betonipäällyste toimii lämpövarastona, johon ilman lämpötilan muutos vaikuttaa hitaasti. Alkusyksyllä betonipäällyste ei ole jäässä kun asfaltin pinta jäätyy. Keväällä betonipäällyste toimii vastaavasti pakkasvarastona. Talvella betonipäällysteelle syntyvän kuuran liippautuminen liikenteen ansiosta aiheuttaa liukkautta. Ajoittain liukkautta on täytynyt torjua pelkästään betonitiellä.

Betonipäällysteen liukkaudentorjunta vaatii jonkin verran lisähuomiota. Betonipäällysteeseen maalatut tiemerkinnot kestävät huonosti nastarenkaiden kuluttavaa vaikutusta. Maalimerkinnot kuluvat pois muutamassa viikossa nastarengaskauden alettua. Yleisesti ottaen betonipäällysteen kunnossapidon ei ole havaittu huomattavasti poikkeavan asfalttipäällysteen kunnossapidosta.

3.3.3 Liikenteen laatu ja määrä

Liikenteen laadun ja määrän seurantaan varten on tierakenteeseen asennettu vaakalaite ja induktiosilmukoita. Tarkkailupiste sijaitsee betonitien eteläpäässä asfalttiosuudella välittömästi betonipäällysteen ulkopuolella.

Vaakalaitteessa on todettu rakenteellisia ongelmia. Vaakalevyjen kiinnitys elementtiin ei ole ollut kestävä. Tierakenne ja vaakalaite ovat painuneet. Vaakalaite on vaatinut jatkuvaa kalibrointia. Epävarmuustekijöistä johtuen saatavissa olevat tulokset eivät suurelta osin ole luotettavia. Vaakalaite on epäluotettavana ja siten tarpeettomana päätetty poistaa.

Tarkistettujen yksittäisten vaaitustulosten perusteella yli 12,5 t painavan raskaan liikenteen määrä pohjoisesta etelään on 1,2...1,5-kertainen vastakkaiseen suuntaan verrattuna. Tiemestarin tekemien havaintojen mukaan etelästä Oulun Nuottasaareen tuleva raskas liikenne käyttää vanhaa Kempeleen läpi kulkevaa nelostietä.

Liikennemäärät on rekisteröity tierakenteeseen asennettujen induktiosilmukoiden ja niihin liittyvän tiedonkeräysyksikön avulla. Tierekisterin mukaiset betonitien (Vt4 tieosa 365) liikennemäärät on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. *Betonitien liikennemäärät 1991-1992*

Vuosi	Keskivuorokausi- liikenne kpl	Raskaan liikenteen osuus	Raskaan liikenteen lukumäärä kpl
1991	12670	11%	1394
1992	14100	9%	1269

3.3.4 Liikenneturvallisuus

Betonipäällysteen vaikutusta liikenneturvallisuuteen on selvitetty vertaamalla onnettomuusmääriä betonitien ja asfalttipäällysteen välillä. Tiedot ovat poliisin tietoon tulleista onnettomuuksista. Poliisin tietoon pitäisi periaatteessa tulla kaikki henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet. Vakuutusyhtiöiden tietoon tulleet mahdolliset muut onnettomuudet eivät sisälly lukuihin.

Vertailutiedot on kerätty 4 km pitkältä asfalttipäällysteosuudelta Kiviniemen eritasoliittymästä Oulun suuntaan (Vt4 tieosa 367). Kiviniemen ja Poikkimaan-tien eritasoliittymien rampeilla ja ramppien päissä tapahtuneet onnettomuudet eivät sisälly lukuihin. Onnettomuustiedot on jaoteltu onnettomuustyyppin, valaistuksen ja keliolosuhteiden mukaisesti. Kaikki onnettomuudet huomi-oonottaen onnettomuustiheys on asfalttipäällysteosuudella ollut kaksinkertainen betonipäällysteosuuteen verrattuna.

Tarkastellut tieosuudet ja tarkastelu aika ovat suhteellisen lyhyitä. Vuonna 1991 vertailuosuuden kokonaisliikennemäärä oli noin 19000 ajoneuvoa, eli noin 6000 ajoneuvoa enemmän kuin betonitiellä. Kokonaisonnettomuusmäärät ovat suhteellisen pieniä. Tuloksista ei vielä tässä vaiheessa voida vetää pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Yhteenveto onnettomuustilastosta on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Onnettomuudet betonitiellä ja asfalttipäällysteisellä vertailuosuudella 1.10.1990-18.9.1992

	Betonipäällyste	Asfalttipäällyste	
Onnettomuuden vakavuus			
Kuolemaan johtanut onnettomuus	-	1	
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	-	4	
Henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus	-	5	
Kaikki onnettomuudet yhteensä	9	22	
Onnettomuustyyppi			
Yksittäisonnettomuus	4	7	
Eläinonnettomuus	-	3	
Muu onnettomuus	5	12	
Henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus/valaistus			
Valoisa	-	2	
Hämärä	-	1	
Pimeä	-	-	
Pimeä/tie valaistu	-	2	
Kaikki onnettomuudet/valaistus			
Valoisa	5	11	
Hämärä	-	2	
Pimeä	-	-	
Pimeä/tie valaistu	4	9	
Henkilövahinkoihin johtanut onnettomuus/keli			
Kuiva	-	2	
Märkä	-	1	
Jäinen	-	2	
Luminen	-	-	
Sohjoinen	-	-	
Kaikki onnettomuudet/keli			
Kuiva	3	9	
Märkä	-	2	
Jäinen	4	11	
Luminen	1	-	
Sohjoinen	1	-	
Onnettomuusaste			
Henkilövahinkoihin joht. onnettomuudet	-	18,00	Onn./100 milj. ajon.-km
Kaikki onnettomuudet	49,60	79,40	Onn./100 milj. ajon.-km
Onnettomuustiheys			
Henkilövahinkoihin joht. onnettomuudet	-	1,25	Onn./km
Kaikki onnettomuudet	2,30	5,50	Onn./km
BET 4/365/0966-4887			
Ab 4/367/0000-4000			
Ramppien onnettomuudet eivät ole mukana			

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Betonipäällysteen rakennustyön aikana valmiiseen päällysteeseen syntyi ja jäi paikoin halkeamia. Syntyneet halkeamat korjattiin injektoimalla. Korjatuista halkeamista ei ole ollut ongelmia eikä uusia halkeamia ole syntynyt.

Betonilaattojen välisten saumojen saumamassa irtosi talvella 1990-1991 lähes kaikista saumoista. Urakoitsija uusi saumauksen kesällä 1991 takuuehtojen mukaisesti. Korjaustyössä käytettiin arktisiin olosuhteisiin tarkoitettua saumamassaa ja takuuaikaa jatkettiin vuoden 1993 syksyyn.

Betonitien alkuosuudella oikean kaistan muuta tieosaa suurempi kuluminen on ilmeisesti seurausta kiviaineksen lajittumisesta ja siitä johtuvasta huonosta kulutuskestävyydestä. Kuluminen on muuta tieosaa suurempaa vain lyhyellä osuudella. Suurimmalla osalla betonitiestä päällyste on kulunut ennako-odotusten mukaisesti.

Tien pinta on siltti-*pehmeikön* kohdalla paaluvälillä 3410-4370 painunut yhteensä noin 500 m:n matkalla. Painuminen on tien poikkileikkaukseen nähden ollut tasaista, enimmillään noin 11 cm. Painuminen ei ole aiheuttanut vaurioita päällysteeseen.

Betonipäällysteen kunnossapito ei ole merkittävästi eronnut asfalttipäällysteen kunnossapidosta. Betonipäällysteen liukkaudentorjunta vaatii jonkin verran lisähuomiota toimenpiteiden ajoituksen suhteen. Betonipäällysteeseen maalatut tiemerkinnot kestävät huonosti nastarenkaiden kulutusta.

Betonipäällysteen käyttäytymisessä tai ominaisuuksissa ei kahden ensimmäisen käyttövuoden aikana alkuosuuden oikean kaistan muuta tieosaa suurempaa kulumista lukuunottamatta ole tullut esille mitään ennako-odotuksista merkittävästi poikkeavaa. Betonitien seurantaohjelman toteuttamista jatketaan muuten alkuperäisen ohjelman mukaisesti, mutta tien alkuosan poikkeavan kulumisen seuraamiseksi profilometrimittaukset tehdään lähitulevaisuudessa vuosittain.

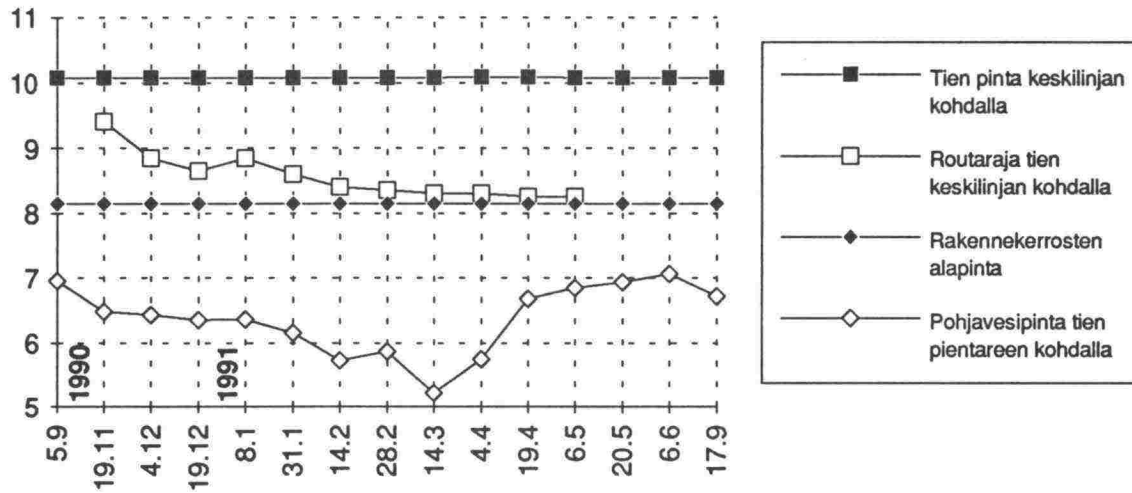
5 LIITTEET

Routahavaintotulokset talvi 1990-1991

1. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso poikkileikkauksessa A pl 3375
2. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso vertailupisteessä A pl 3375
3. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso poikkileikkauksessa B pl 3422,5
- 4a. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa B pl 3422,5
- 4b. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa B pl 3422,5
5. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso poikkileikkauksessa C pl 5142,5
- 6a. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa C pl 5142,5
- 6b. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa C pl 5142,5
7. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso vertailupisteessä C pl 5142,5
8. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso poikkileikkauksessa D pl 6342,5
- 9a. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa D pl 6342,5
- 9b. Tien pinnan routanousu poikkileikkauksessa D pl 6342,5
10. Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso vertailupisteessä D pl 6342,5

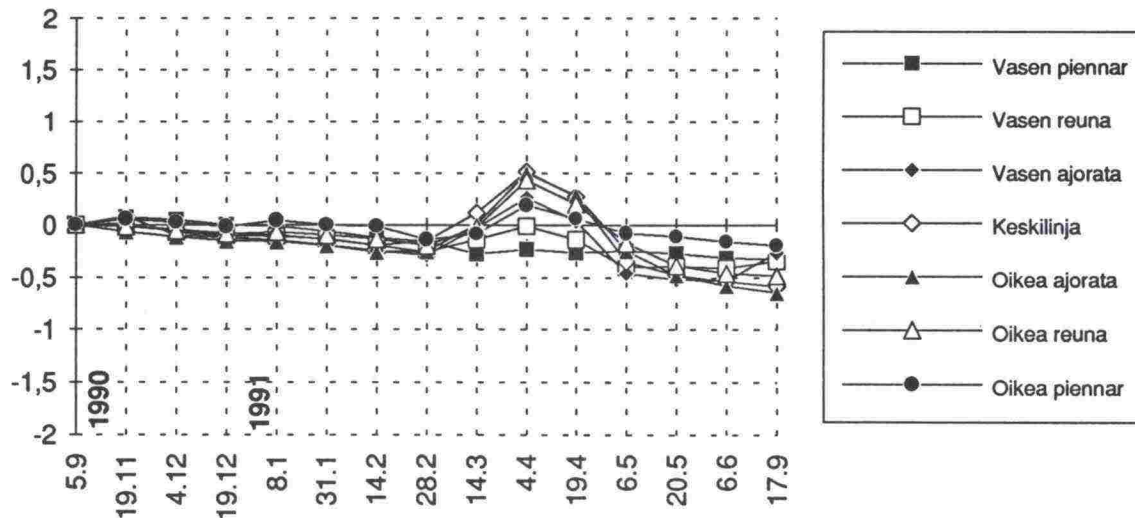
A PI 3375

+ Taso



A PI 3375

Routanousu cm



Oulu

Vasen kaista

Oikea kaista

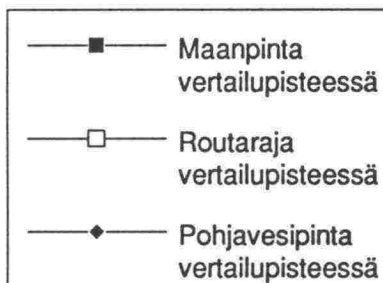
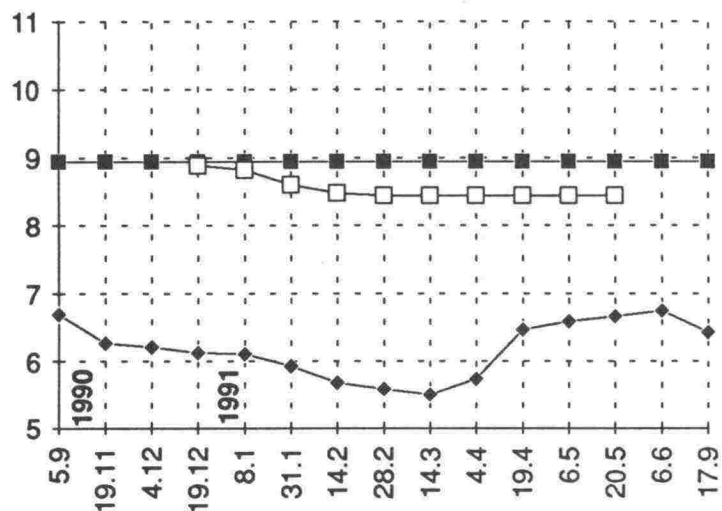
Jyväskylä

V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
 Poikkileikkaus A PI 3375
 Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
 Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
 tien poikkileikkauksessa

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

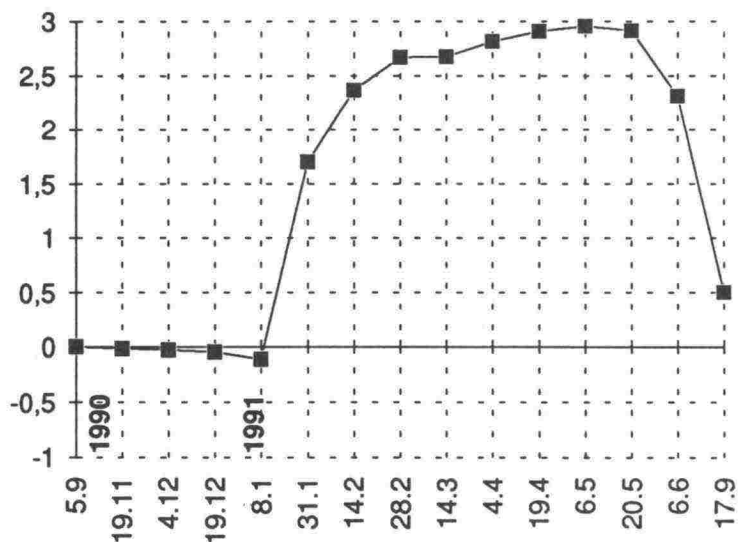
VERTAILUPISTE A PI 3375

+Taso



Routanousu vertailupisteessä A

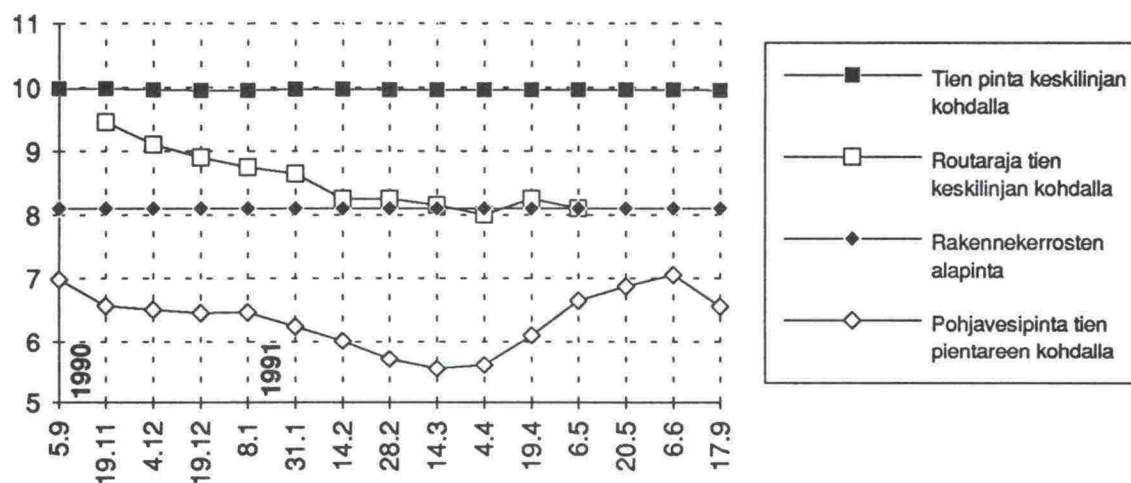
cm



V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
 Vertailupiste A PI 3375
 Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
 Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
 vertailupisteessä

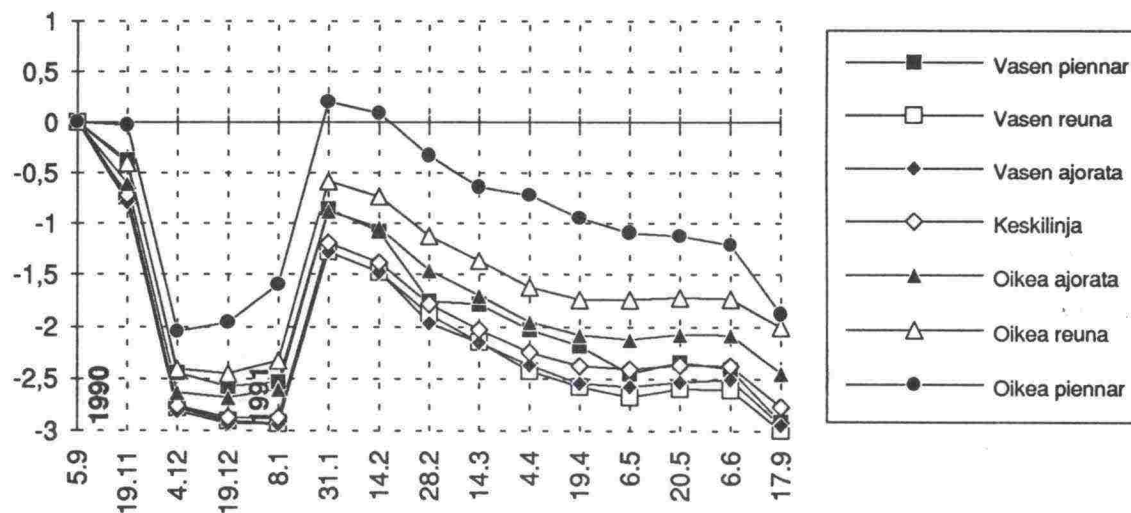
Oulun Viatek Oy 16.1.1992

+Taso B PI 3422,5



B PI 3422,5

Routanousu cm



Oulu

Vasen kaista

Oikea kaista

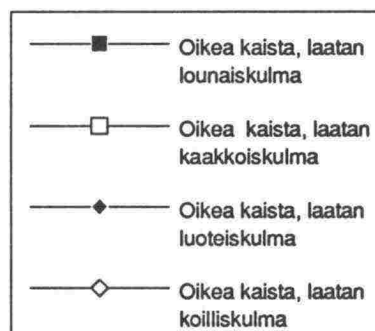
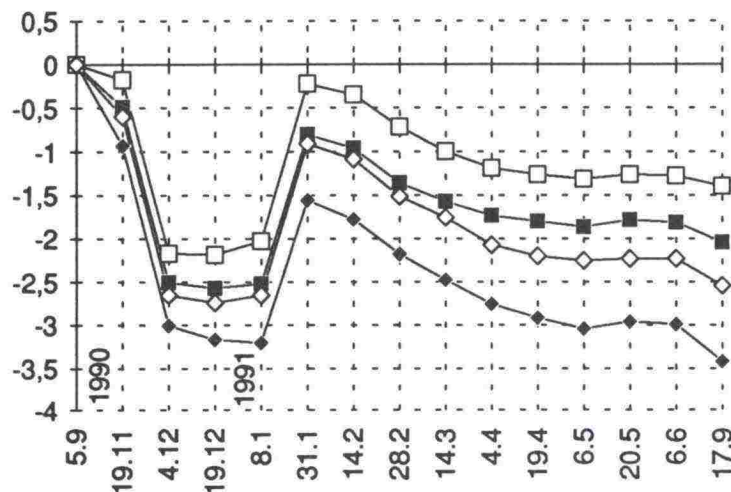
Jyväskylä

V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus B PI 3422,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
tien poikkileikkauksessa

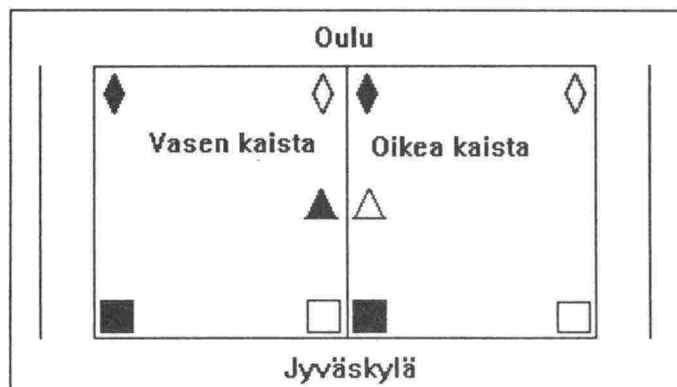
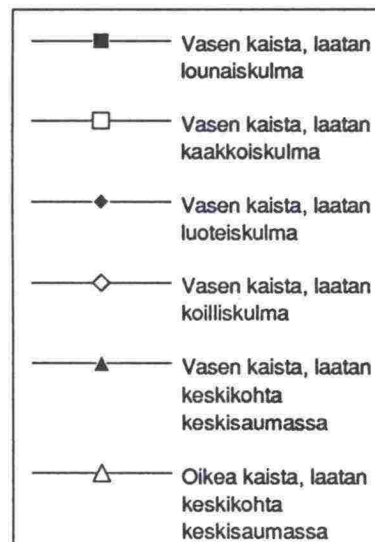
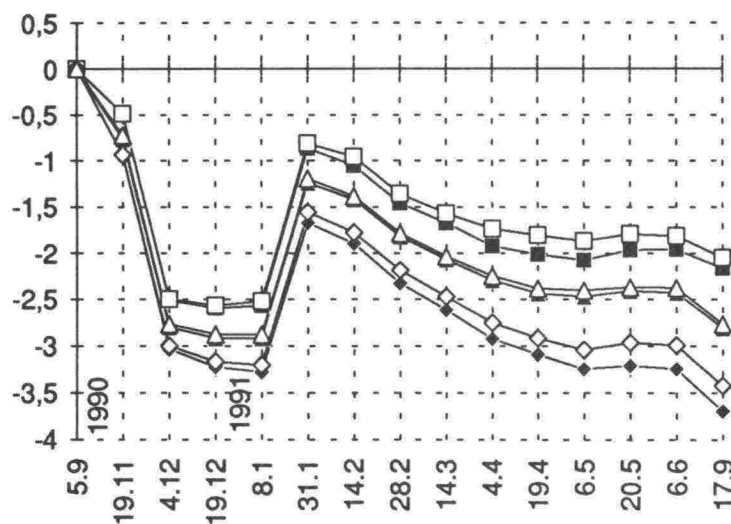
Oulun Viatek Oy 16.1.1992

B PI 3422,5

Routanousu cm

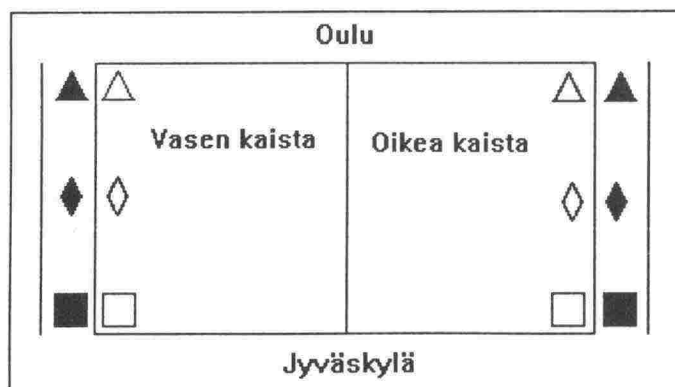
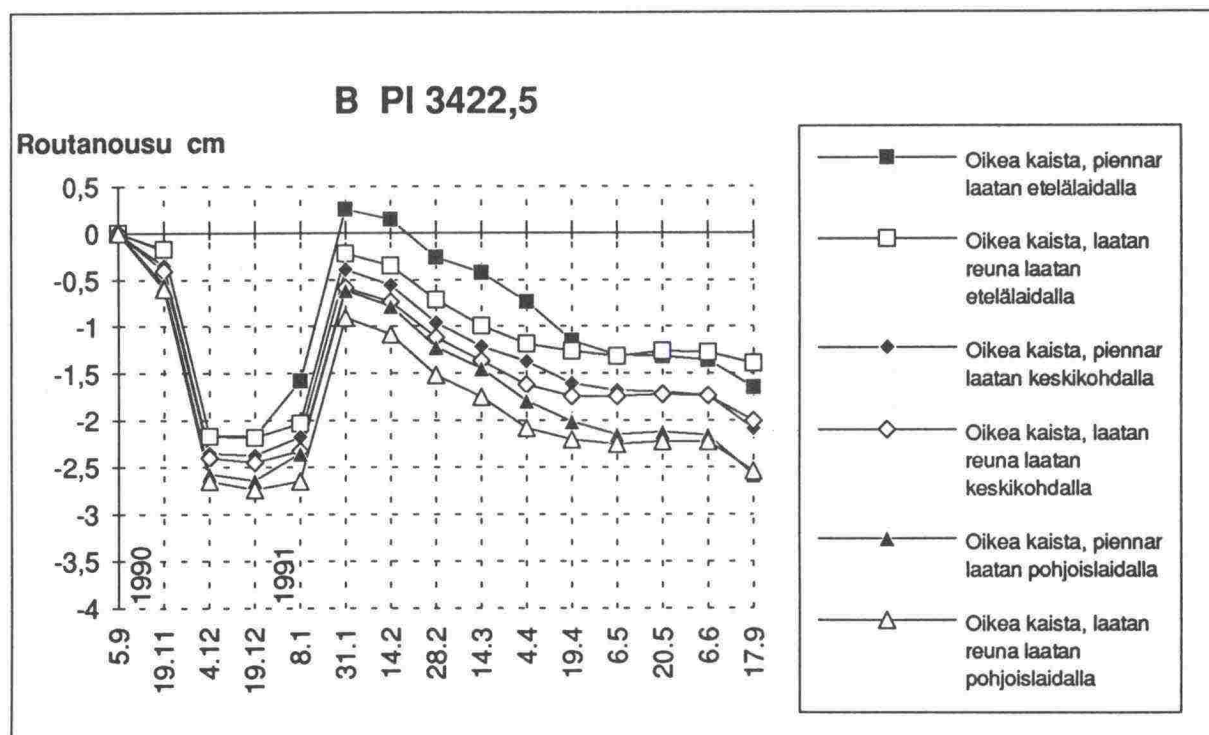
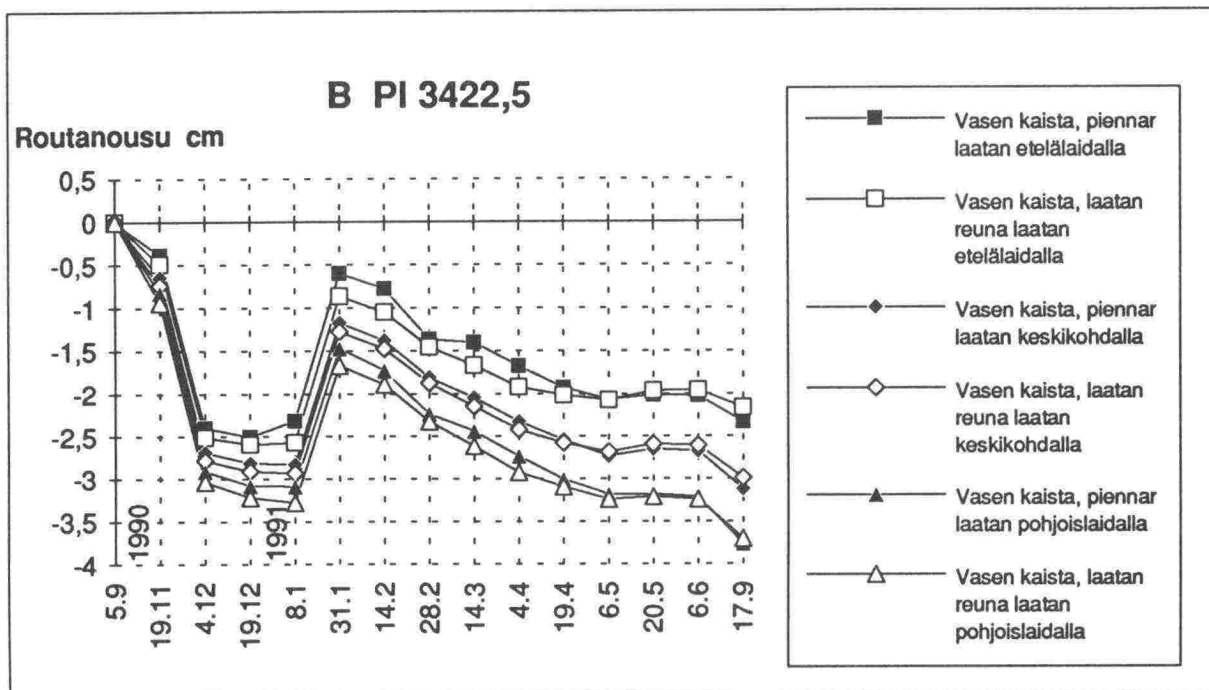
**B PI 3422,5**

Routanousu cm



V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
 Poikkileikkaus B PI 3422,5
 Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
 Tien pinnan routanousu

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

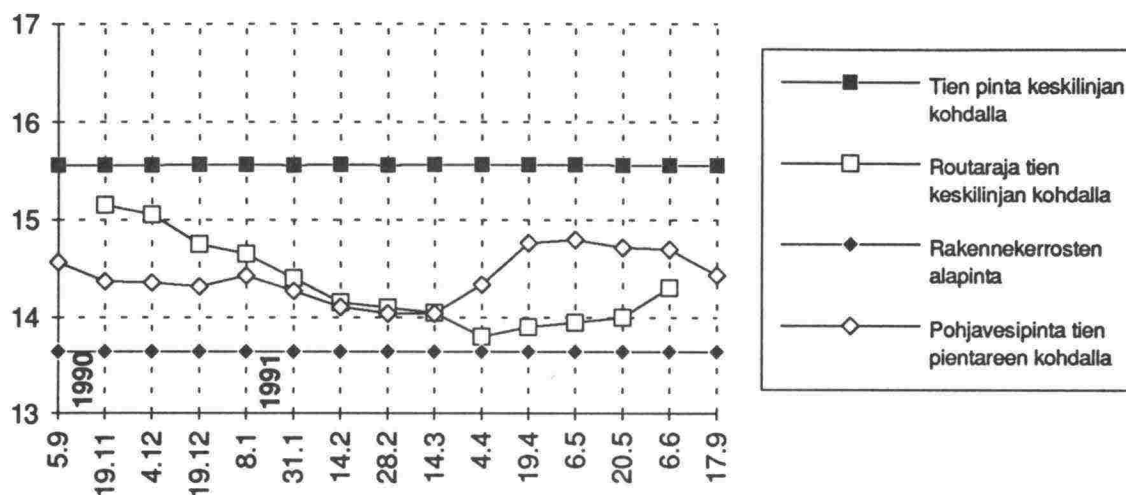


V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus B PI 3422,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Tien pinnan routanousu

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

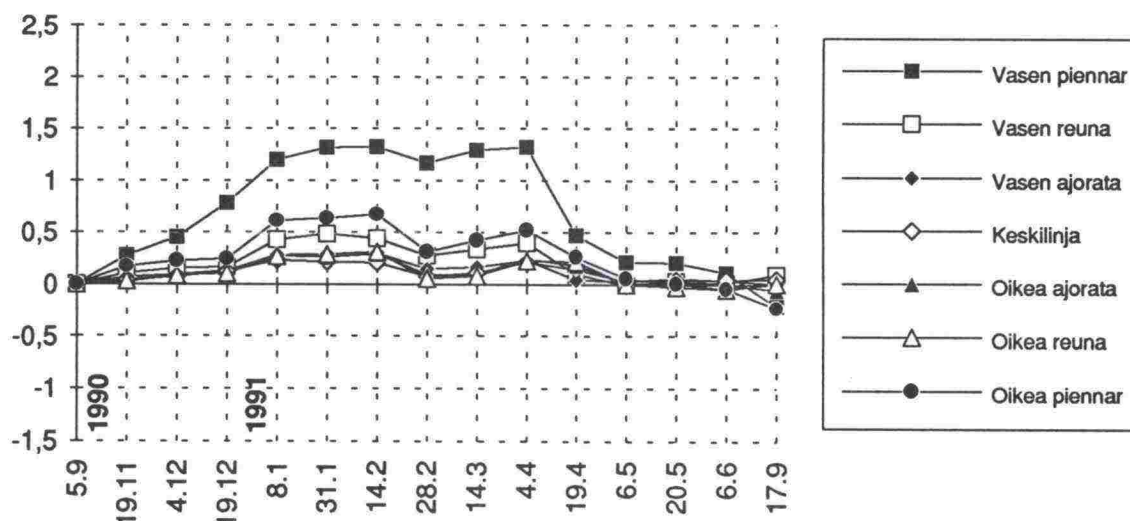
C PI 5142,5

+Taso



C PI 5142,5

Routanousu cm



Oulu

Vasen kaista

Oikea kaista

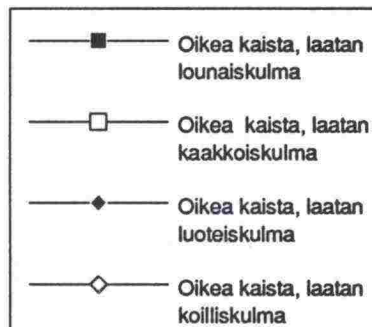
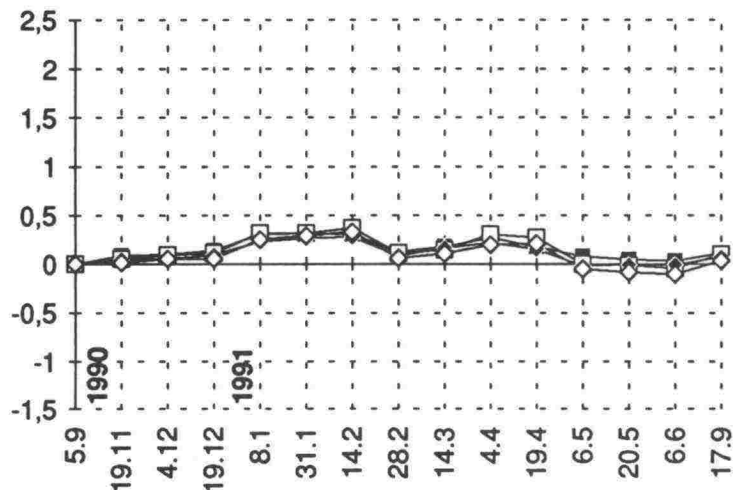
Jyväskylä

V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus C PI 5142,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
tien poikkileikkauksessa

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

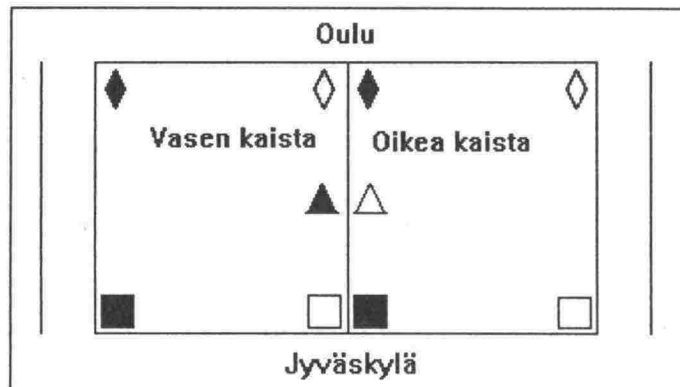
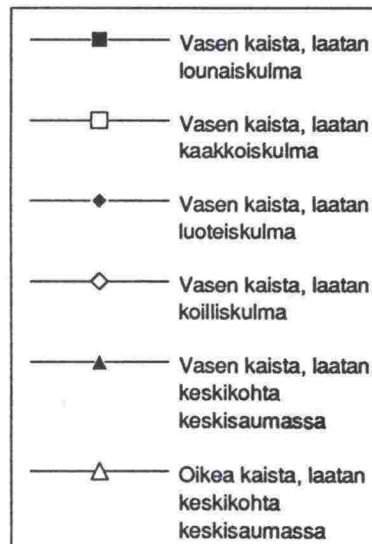
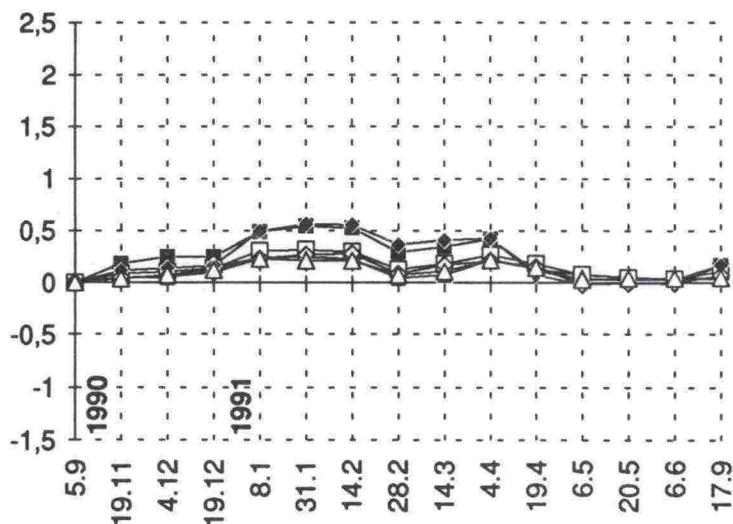
C PI 5142,5

Routanousu cm



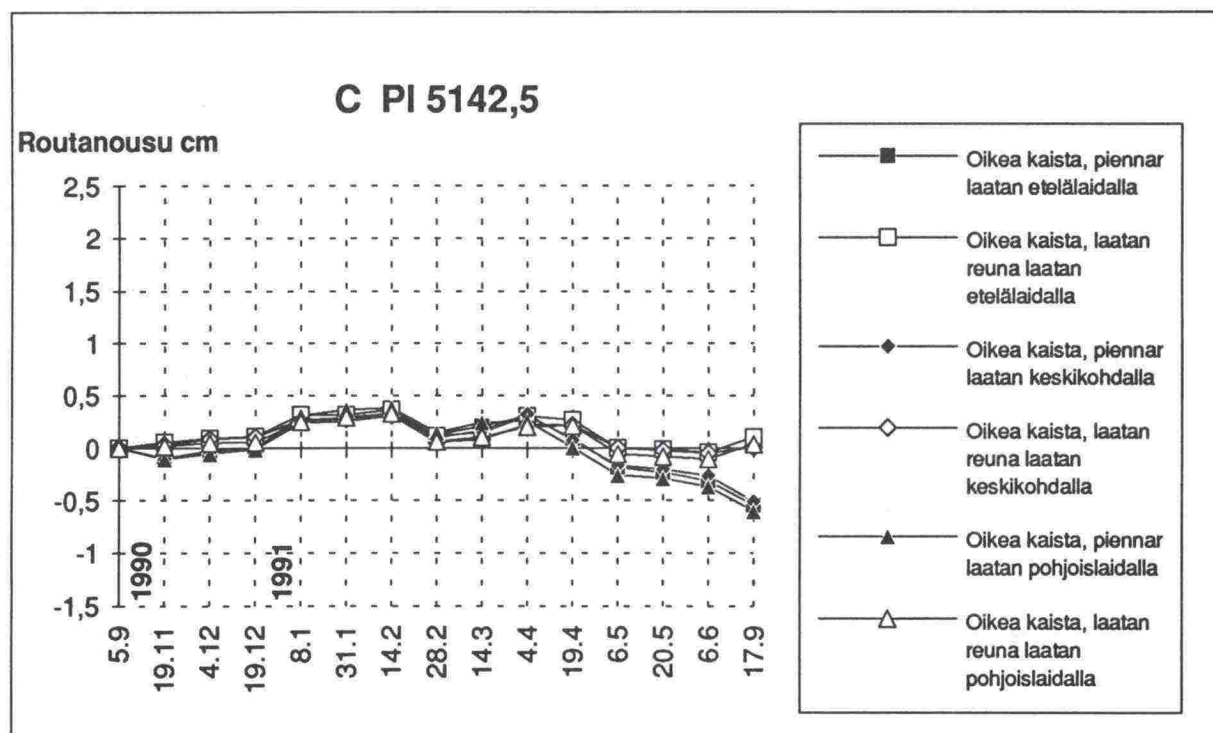
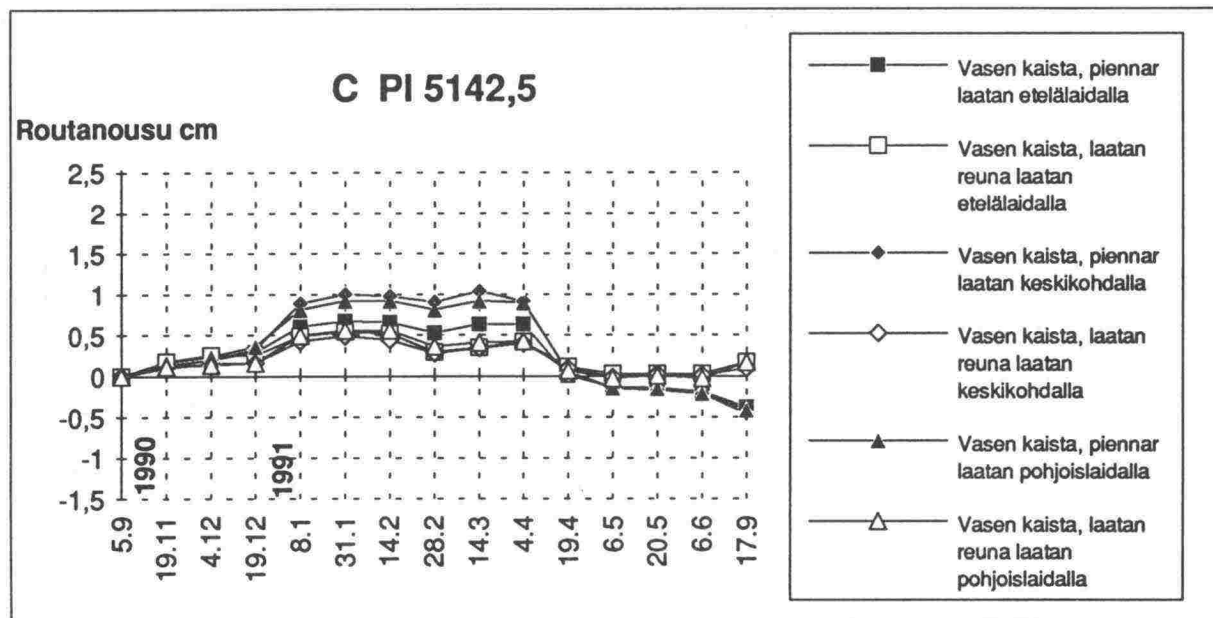
C PI 5142,5

Routanousu cm



V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus C PI 5142,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Tien pinnan routanousu

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

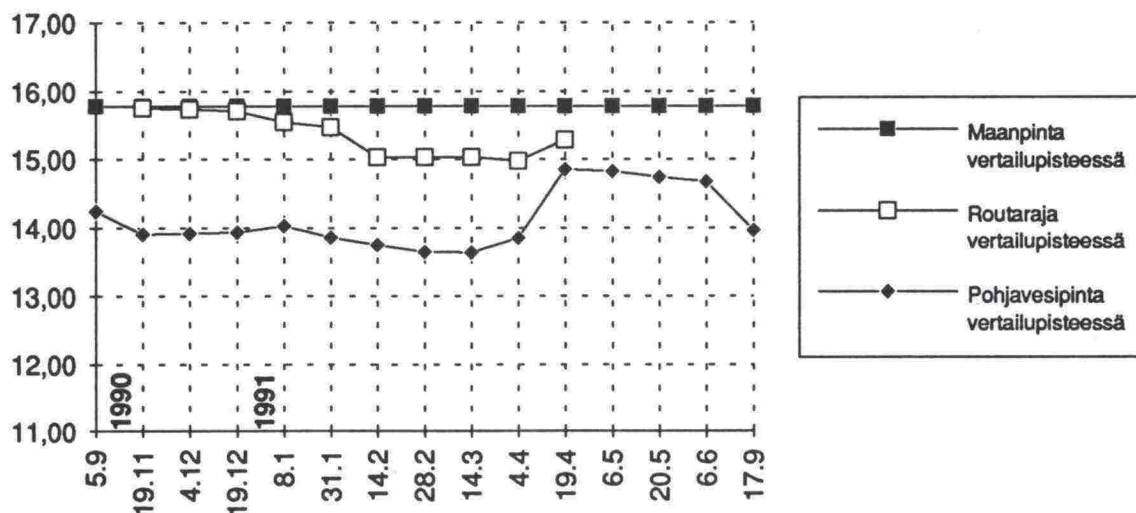


V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus C PI 5142,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Tien pinnan routanousu

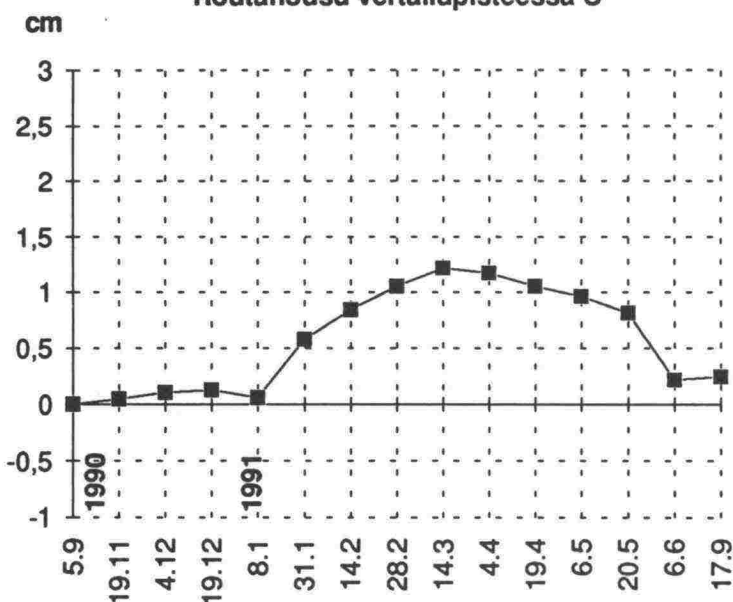
Oulun Viatek Oy 16.1.1992

VERTAILUPISTE C PI 5142,5

+ Taso

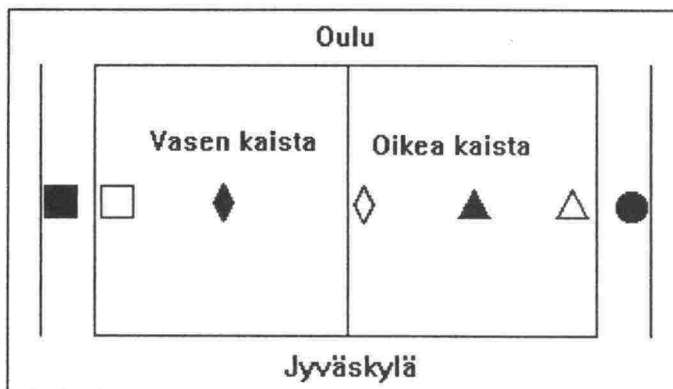
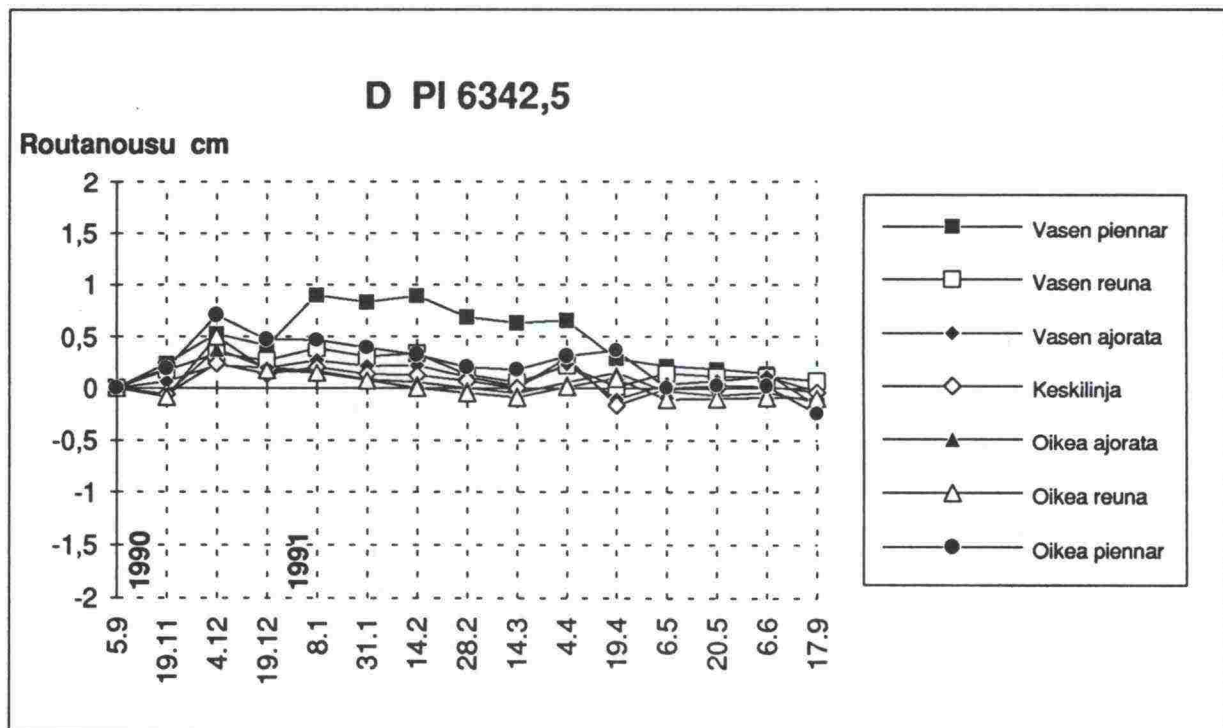
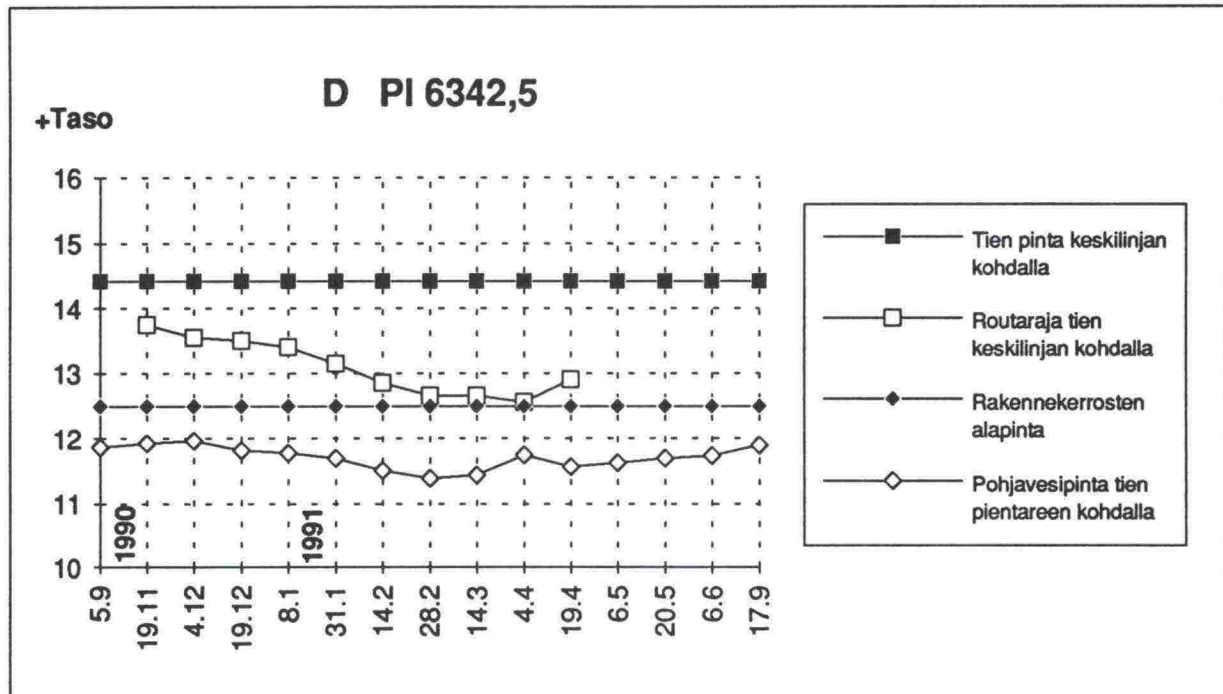


Routanousu vertailupisteessä C



V4 Betonite Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus C PI 5142,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
vertailupisteessä

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

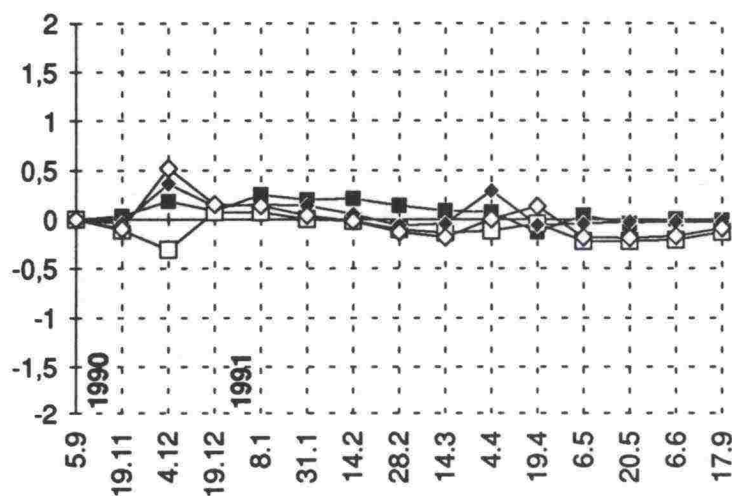


V4 Betonite Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus D PI 6342,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
tien poikkileikkauksessa

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

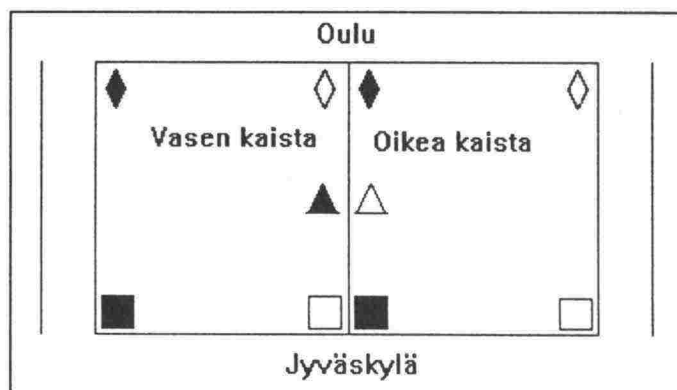
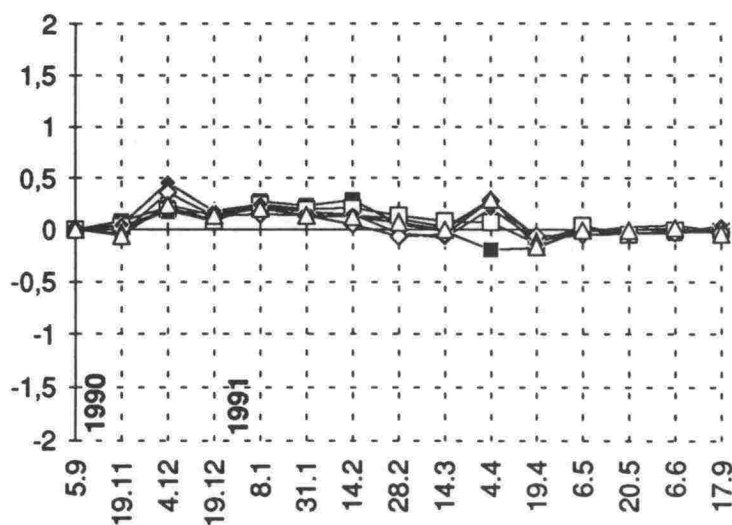
D PI 6342,5

Routanousu cm



D PI 6342,5

Routanousu cm

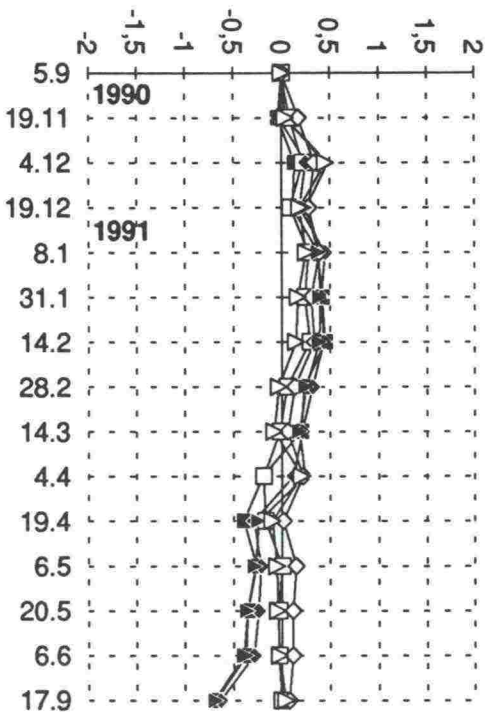


V4 Betonitie Kempele-Kiviniemi
Poikkileikkaus D PI 6342,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Tien pinnan routanousu

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

Routanousu cm

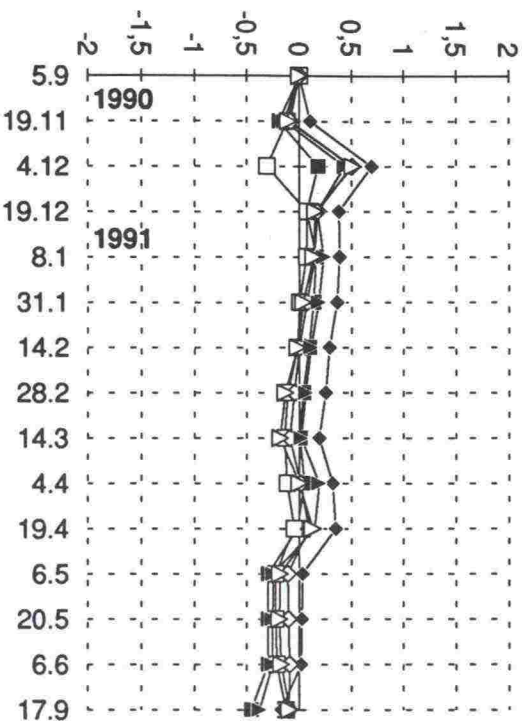
D PI 6342,5



- Vasen kaista, piennar laatan etelälaidalla
- Vasen kaista, laatan reuna laatan etelälaidalla
- ◆ Vasen kaista, piennar laatan keskikohdalla
- ◇ Vasen kaista, laatan reuna laatan keskikohdalla
- ▲ Vasen kaista, piennar laatan pohjoislaidalla
- ▼ Vasen kaista, laatan reuna laatan pohjoislaidalla

Routanousu cm

D PI 6342,5



- Oikea kaista, piennar laatan etelälaidalla
- Oikea kaista, laatan reuna laatan etelälaidalla
- ◆ Oikea kaista, piennar laatan keskikohdalla
- ◇ Oikea kaista, laatan reuna laatan keskikohdalla
- ▲ Oikea kaista, piennar laatan pohjoislaidalla
- ▼ Oikea kaista, laatan reuna laatan pohjoislaidalla

Oulu

Vasen kaista

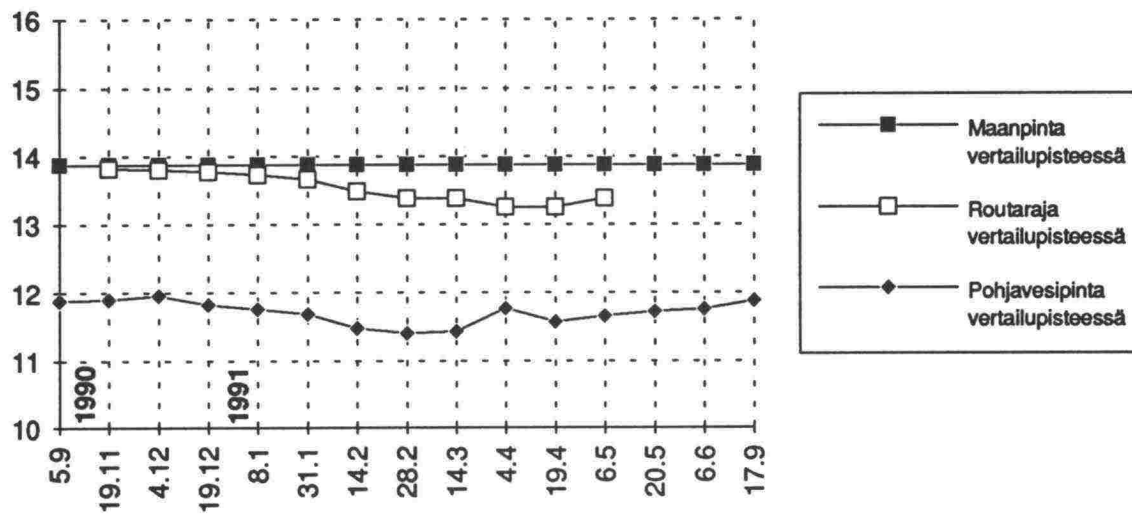
Oikea kaista

Jyväskylää

V4 Betonite Kempele-Kiviniemi
Polkikieraus D 6342,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Tien pinnan routanousu
Oulun Vatek Oy 16.1.1992

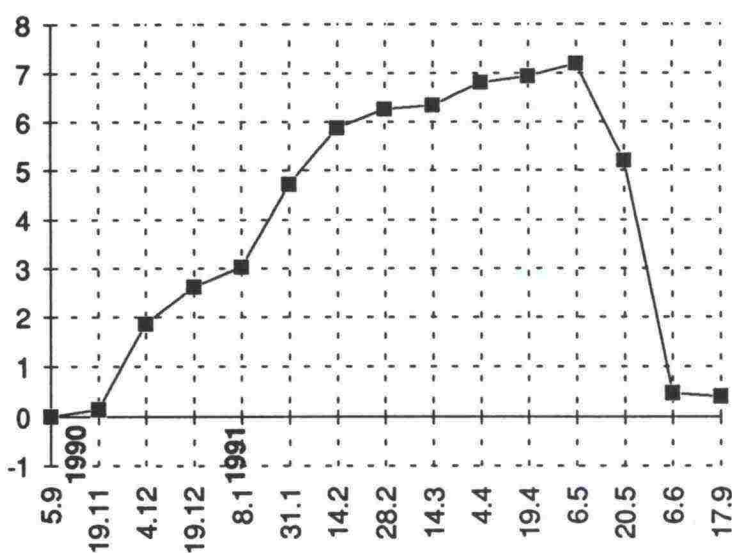
Vertailupiste D PI 6342,5

+Taso



Routanousu vertailupisteessä D

cm



V4 Betonitie Kempele- Kiviniemi
Poikkileikkaus D PI 6342,5
Routahavaintotulokset talvi 1990-1991
Routaraja, routanousu ja pohjavesitaso
vertailupisteessä

Oulun Viatek Oy 16.1.1992

TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 70/1992 Nastojen, hiekoituksen ja suolauksen aiheuttama pöly ja sen leviäminen ympäristöön, kirjallisuusselvitys. TIEL 3200120
- 71/1992 TAM-Tien Arvon Mittausmenettelyn käyttö. TIEL 3200124
- 72/1992 Yleisten teiden liikenneturvallisuus taajamissa. TIEL 3200122
- 73/1992 Liikkuvan koneen paikantaminen servo-ohjatulla takymetrillä. TIEL 3200123
- 74/1992 Kuljettajien mielipiteet talviajan nopeusrajoituksista helmikuussa 1992. TIEL 3200125
- 75/1992 Taajamaväylän saneerauksen vaikutukset; Hankasalmen ja Kauhavan liikenneturvallisuuden sekä Hankasalmen liikenneolosuhteiden kehitys TIEL 3200128.
- 76/1992 Yleisten teiden ympäristön tilan selvitys; Ilmanlaatu. TIEL 3200128
- 77/1992 Raskaan liikenteen haastattelututkimus Etelä-Suomen punnitusteillä.
- 78/1992 PTM-auton tuottamien tunnuslukujen käyttökelpoisuus ja vertailtavuus sekä niiden yhteys laser-mittauksiin (IRI, IRI4, PI/LASER). TIEL 3200134
- 1/1993 Arktinen tien rakentaminen. TIEL 3200121
- 2/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Massanvaihto. TIEL 3200127
- 3/1993 Tielikenteen informaatiotekniikka; Tilannekatsaus. TEIL 3200129
- 4/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa A: Teoria, käytäntö ja soveltuvuus Suomeen. TIEL 3200130
- 5/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa B: Automaattisen perintäteknologian soveltuvuus Suomen moottoriväylille. TIEL 3200131
- 6/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa C: Selvitys Turunväylän ja Lahdentien rakentamisesta tullirahoituksella. TIEL 3200132
- 7/1993 Yleisten teiden käyttömaksut; Osa D: Parainen-Nauvo kiinteä yhteys tullitienä. TIEL 3200133
- 8/1993 Sitomattoman kantavan kerroksen rakentaminen. TIEL 3200135
- 9/1993 Taajamatien pienet parannustoimenpiteet. TIEL 3200135
- 10/1993 Ympäristövaikutusten arviointimenettely paikallisissa tiehankkeissa. TIEL 3200137
- 11/1993 "Vuorovaikutus tavaksi"; Palveleva tielaitos -projektin loppuraportti. TIEL 3200139
- 12/1993 Meluesteet ja puisen meluesteen malli. TIEL 3200139
- 13/1993 Hiekka- ja suolavarastot. TIEL 3200140
- 14/1993 Tie kokemusmaailmana. TIEL 3200141
- 15/1993 Masuunikuonan käyttö sitomattomissa päällysrakennekerroksissa. TIEL 3200142

ISSN 9788-3722
ISBN 951-47-6988-0
TIEL 3200143